

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

спеціалізації Системи забезпечення споживачів електричною енергією

на тему: «Формування ефективної системи електропостачання об'єктів  
цивільного»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОЕ-391мп

Колопенко Володимир Мирославович

( прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Замулко А.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ**  
**СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

Кафедра Електропостачання  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація Системи забезпечення споживачів електричною енергією

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Науковий керівник кафедри

С.П. Денисюк  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

\_\_\_\_\_ Колопенко Володимир Мирославович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Формування ефективної системи електропостачання об'єктів цивільного призначення»

науковий керівник Замулко А.І, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. №3198-с

2. Термін подання студентом дисертації «14» грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження є система електропостачання об'єктів цивільного призначення в сучасних умовах її формування.

4. Предмет дослідження є методи і засоби формування ефективної системи електропостачання

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) проаналізувати сучасний стан та перспективи розвитку СЕП об'єктів цивільного призначення; 2) проаналізувати організаційно-управлінських, техніко-економічних, нормативно-правових, екологічних та технологічних питань формування СЕП; 3) сформувати та опрацювати перелік заходів щодо підвищення ефективності використання систем електропостачання

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: графіки електричних навантажень об'єктів цивільного призначення, графіки фактичних та прогнозованих електричних навантажень побутових приладів, презентаційний матеріал

7. Орієнтовний перелік публікацій 1) Колопенко В.М., Методи підвищення ефективності систем електропостачання об'єктів цивільного призначення / Збірник матеріалів доповідей науково-технічної конференції «Сталий розвиток енергетики. Сучасні системи забезпечення електричною енергією», 2020. – (Київ, 27 листопада 2020.) - С.191-198

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання «31» травня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	31.05.2020	Виконав
2	Аналіз літературних джерел	20.06.2020	Виконав
3	Складання плану роботи	21.07.2020	Виконав
4	Робота над першим розділом	01.09.2020	Виконав
5	Робота над другим розділом	10.10.2020	Виконав
6	Робота над третім розділом	28.10.2020	Виконав
7	Робота над четвертим розділом	20.11.2020	Виконав
8	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30. 10.20-10.12.20	Виконав
9	Передзахист МД	10.12.20-14.12.20	Виконав
10	Захист дисертації	18.12.20-22.12.20	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Колопенко В.М.

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_

(підпис)

Замулко А.І.

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг роботи:** дисертація викладена на 108 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів, висновку, вміщує 19 рисунків, 19 таблиць, 42 формули, список використаних джерел із 35 найменувань на 4 сторінках. При виконанні дисертації використовувалось програмне забезпечення MatLab, MS Excel.

**Актуальність роботи.** Нові ринкові умови в енергетичному секторі, такі як необхідність поліпшення енергоефективності системи електропостачання, інновації та конкуренція, вимагають більш точного визначення споживаної та генерованої електроенергії. Зокрема, проблема підвищення рівня надійності визначення цивільних електричних навантажень вимагає нового методу розрахунку, який повинен враховувати робочий режим, нелінійність характеристик електричного приймача (ЕР) та генерування електромагнітних перешкод, а також відновлюваної енергії використання. Результати досліджень показують, що використання діючих норм може призвести до того, що фактичне навантаження перевищує 1,5 - 3,5 рази. В останні роки темпи проектування та будівництва цивільних об'єктів прискорились, тоді як їх споживання електроенергії досягло рівня промислових підприємств.

Для розвитку теорії та практики сучасних стандартів значний внесок зробив розвиток конструкції та експлуатації системи електропостачання міст, промислових підприємств та цивільних об'єктів, зокрема Шидловський А.К., Денисюк С.П., Макоклюєв Б.І., Павловський В.В., Розен В.П., Качан Ю.Г., Стахів П.Г., Бурбіло М.Й., Лежнюк П.Д., Малиновський А.А., Фомічев Є.П., Черненко П.О.

**Об'єктом дослідження** являється система електропостачання об'єктів цивільного призначення в сучасних умовах її формування

**Мета роботи:** є підвищення ефективності систем електропостачання шляхом використання сучасних засобів їх формування при проектування систем електропостачання об'єктів цивільного призначення

**Завдання досліджень:**

1. Проаналізувати сучасний стан та перспективи розвитку СЕП об'єктів цивільного призначення.
2. Використовуючи теорію сплайну, шляхом графічного аналізу динамічних характеристик її компонентів розробити метод та модель для надійного визначення електричного навантаження цивільних об'єктів;
3. Сформувати та опрацювати перелік заходів щодо підвищення ефективності використання СЕП.
4. Використати дискретну автономну макромодель, яка не вимагає попередньої обробки інформації, метод макромодельовання електричного навантаження цивільних об'єктів
5. Визначити ефективність використання результатів розроблених методів та моделей визначення електричного навантаження з перевіркою їх достовірності на реальних СЕП об'єктів цивільного призначення;

**Предмет дослідження:** методи і засоби формування ефективної системи електропостачання

**Методи дослідження.** Розробки і дослідження проводились на основі методу визначення питомих електричних навантажень, теорії сплайну, математичних макросів та графічного моделювання, його фрактальні характеристики застосовуються при динамічному аналізі та прогнозуванні електричного навантаження, енергоспоживанні та експериментальних дослідженнях фактичних СЕП цивільних об'єктів.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Створено метод, заснований на концепції, який використовує теорію сплайну для моделювання та графічно аналізує динаміку її компонентів, збільшуючи тим самим свою надійність на 1,5 порівняно з нормативами -3,5 рази відповідно до поточного стандартного значення, підтвердженого розрахунками;

2. Застосовується метод макромодельовання електричного навантаження цивільних об'єктів, різниця між яким і існуючим методом полягає в тому, що використовується дискретна автономна макромодель, яка не вимагає попередньої обробки попередньої інформації і може пришвидшити процес моделювання.

3. Розвинена методика прогнозування ефективності гібридних сонячних колекторів для енергозабезпечення цивільних об'єктів та періоду окупності інвестиційних проектів.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Дослідження, що було проведене в роботі може бути використане:

- для підвищення точності визначення електричного навантаження цивільних об'єктів, що стимулюватиме економію матеріалів та енергії при будівництві та експлуатації СЕП.

- для планування та обліку електроспоживання, що дозволяють знизити величину помилки при прогнозуванні електроспоживання та наблизитись до реальних показників;

- для визначення всіх факторів, що впливають на електроспоживання об'єктів цивільного призначення, а також їх позиціонування від найбільш сильного до слабого

### **Апробація результатів дисертації та публікації.**

1. Колопенко В.М., Методи підвищення ефективності систем електропостачання об'єктів цивільного призначення / Збірник матеріалів доповідей науково-технічної конференції «Сталий розвиток енергетики. Сучасні системи забезпечення електричною енергією», 2020. – (Київ, 27 листопада 2020.) - С.191-198

**Ключові слова:** цивільні об'єкти, електричне навантаження, графіки, макромодельовання, прогнозування, економія енергоресурсів, система електропостачання

## ABSTRACT

Structure and scope of work: 108 pages, consists of introduction, 4 chapters, conclusion, contains 19 figures, 19 tables, 42 formulae, a bibliography of 35 items in 4 pages..

**Relevance of the work.** New market conditions in the energy sector, such as the need to improve the energy efficiency of the electricity supply system, innovation and competition, require a more accurate definition of consumed and generated electricity. In particular, the problem of increasing the level of reliability in determining civil electrical loads requires a new method of calculation, which must take into account the operating mode, nonlinearity of the characteristics of the electrical receiver (EP) and the generation of electromagnetic interference and renewable energy. The research results show that the use of current regulations can lead to the fact that the actual load exceeds 1.5 - 3.5 times. In recent years, the pace of design and construction of civilian facilities has accelerated, while their electricity consumption has reached the level of industrial enterprises.

For the development of the theory and practice of modern standards made a significant contribution to the development of design and operation of power supply systems of cities, industrial enterprises and civil facilities, in particular Shidlovsky AK, Denisyuk SP, Makoklyuyev BI, Pavlovsky VV , Rosen VP, Kachan Yu.G., Stakhiv PG, Burbilo MY, Lezhnyuk PD, Malinovsky AA, Fomichev EP, Chernenko PO

**The object of the study** is the system of power supply of civil facilities in the modern conditions of its formation

**The purpose of the work** the efficiency of power supply systems through the use of modern means of their formation in the design of power supply systems for civil purposes

Research objectives:

1. To analyze the current state and prospects of EPS development of civil facilities.

2. Using spline theory, by graphical analysis of the dynamic characteristics of its components to develop a method and model for reliable determination of the electrical load of civilian objects;

3. To form and develop a list of measures to improve the efficiency of EPS.

4. Use a discrete autonomous macromodel, which does not require pre-processing of information, the method of macromodeling of the electrical load of civilian objects

5. To determine the effectiveness of the use of the results of the developed methods and models for determining the electrical load with verification of their reliability on real EPS objects of civil purpose;

**Subject of research:** methods and means of forming an effective power supply system

**Research methods.** Developments and researches were carried out on the basis of the method of determination of specific electric loads, spline theory, mathematical macros and graphic modeling, its fractal characteristics are used in dynamic analysis and forecasting of electric load, power consumption and experimental researches of actual EPS of civil objects.

Scientific novelty of the obtained results.

1. Created a method based on the concept, which uses spline theory for modeling and graphically analyzes the dynamics of its components, thereby increasing its reliability by 1.5 compared to standards -3.5 times in accordance with the current standard value, confirmed by calculations;

2. The method of macromodeling of electrical load of civilian objects is used, the difference between which and the existing method is that a discrete autonomous macromodel is used, which does not require pre-processing of preliminary information and can speed up the simulation process.

3. Developed methods for forecasting the efficiency of hybrid solar collectors for energy supply of civilian facilities and the payback period of investment projects.



### **The practical significance of the obtained results.**

The research conducted in this work can be used:

- to increase the accuracy of determining the electrical load of civilian objects, which will stimulate the saving of materials and energy during the construction and operation of EPS.
- for planning and accounting of electricity consumption, which allows to reduce the magnitude of the error in forecasting electricity consumption and get closer to real indicators;
- to determine all the factors that affect the electricity consumption of civilian facilities, as well as their positioning from the strongest to the weakest

### **Approbation of dissertation and publication results.**

1. Kolopenko VM, Methods of increasing the efficiency of power supply systems for civil purposes / Collection of materials of reports of the scientific and technical conference "" Sustainable energy development. Modern power supply systems ", 2020. - (Kyiv, November 27, 2020.) - P.191-198

**Keywords:** civil objects, electric load, graphs, macromodeling,, forecasting, energy saving, power supply system

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	12
ВСТУП .....	13
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СЕП	15
1.1 Загальна характеристика етапів розвитку СЕП.....	15
1.2 Аналіз загальної характеристики СЕП. Міжнародний досвід .....	17
1.3 Аналіз проблемних питань щодо функціонування СЕП .....	31
1.4 Аналіз стану та розвитку системи електропостачання в Україні.....	37
2 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	43
2.1 Аналіз поточного стану СЕП об'єктів цивільного призначення .....	43
2.2 Системи гарантованого електропостачання об'єктів цивільного призначення .....	52
2.3 Методи підвищення ефективності систем електропостачання об'єктів цивільного призначення .....	53
2.4 Метод графічного визначення розрахункового електричного навантаження об'єктів цивільного призначення .....	64
2.5 Дослідження системи забезпечення електроенергією ЖК «Синергія 3» .....	66
3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	73
3.1 Визначення електричного навантаження об'єктів цивільного призначення за чинними нормативними документами .....	74
3.1.1 Розрахунок електричного навантаження на загальні будинки та входи в будівлі .....	78
3.1.2 Прогнозування споживання електроенергії об'єктами цивільного призначення .....	80

3.2 Метод графічного визначення розрахункового електричного навантаження громадських будинків.....	83
3.3 Метод графічного визначення електричного навантаження систем гарантованого електропостачання .....	85
3.4 Метод графічного за сплайнами визначення розрахункового електричного навантаження об'єктів цивільного призначення.....	87
3.4.1 Метод графічного за сплайнами визначення розрахункового електричного навантаження 120 квартирної будівлі.....	91
3.5 Формування ефективної системи електропостачання об'єктів цивільного призначення за рахунок встановлення сонячних батарей .....	94
3.5.1 Вибір типу інвентора та моделювання варіантів інформаційного забезпечення .....	97
3.5.2 Розрахунок річного вироблення електроенергії.....	100
3.5.3 Перевірка ефективності формування сонячних панелей.....	102
3.6 Макромодельовання як основа прогнозування електричного навантаження об'єктів цивільного призначення.....	105
4 СТАРТАП ПРОЕКТ .....	111
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	112
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	113
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	118
ВИСНОВКИ.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	123
Додаток А.....	128
Додаток Б .....	129
Додаток В .....	130
Додаток Г .....	131

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ОЕС – об'єднана енергетична система

ШНМ – штучна нейронна мережа

АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії

ЛУЗОД – локальне устаткування збору та обробки даних

СЕП – система електропостачання

ЛЕС – локальна електрична система

ПРД – перший робочий день

ОРД- останній робочий день

РГ – розподілена генерація

ВД – вихідний день

CAN – локальна промислова шина

ВДЕ – відновлюване джерело енергії

ЧПВ –чиста приведена вартість

ПЯЄ – показник якості електроенергії

СТЕ – система гарантованого електростачання

ПЯЕЕ – показники якості електроенергії

## ВСТУП

В останні роки темпи проектування та будівництва цивільних об'єктів прискорились, тоді як їх споживання електроенергії досягло рівня промислових підприємств. Враховуючи вищевикладене, важливо розробити методи та моделі, які надійно визначають електричне навантаження цивільних об'єктів на стадії проектування, що стимулюватиме енергозбереження, зменшить капітальні витрати на будівництво та експлуатацію системи електропостачання та зменшить вплив на навколишнє середовище.

Відомо, що схема енергоспоживання є результатом підсумовування великої кількості компонентів, що призводить до нормального розподілу цих випадкових процесів. Однак охоплення порівнянням теоретичного прогнозу з фактичним значенням електричного навантаження житлових будинків та цивільних об'єктів у наукових роботах є недостатнім. Вивчаючи фактичне навантаження та математичне моделювання, аналіз та прогнозування для покращення проектної оцінки цивільних електричних навантажень, можна економити матеріали та електроенергію.

**Об'єктом дослідження** являється система електропостачання об'єктів цивільного призначення в сучасних умовах її формування

**Мета роботи:** підвищення ефективності систем електропостачання шляхом використання сучасних засобів їх формування при проектування систем електропостачання об'єктів цивільного призначення

**Предмет дослідження:** методи і засоби формування ефективної системи електропостачання

**Методи дослідження.** . Розробки і дослідження проводились на основі методу визначення питомих електричних навантажень, теорії сплайну, математичних макросів та графічного моделювання, його фрактальні характеристики застосовуються при динамічному аналізі та прогнозуванні

електричного навантаження, енергоспоживанні та експериментальних дослідженнях фактичних СЕП цивільних об'єктів.

**Актуальність роботи.** Проблема підвищення рівня надійності визначення цивільних електричних навантажень вимагає нового методу розрахунку, який повинен враховувати робочий режим, нелінійність характеристик електричного приймача (ЕР) та генерування електромагнітних перешкод, а також відновлюваної енергії використання. Результати досліджень показують, що використання діючих норм може призвести до того, що фактичне навантаження перевищує 1,5 - 3,5 рази..

**Практичне значення одержаних результатів може бути використане:**

- для підвищення точності визначення електричного навантаження цивільних об'єктів, що стимулюватиме економію матеріалів та енергії при будівництві та експлуатації СЕП.

- для планування та обліку електроспоживання, що дозволяють знизити величину помилки при прогнозуванні електроспоживання та наблизитись до реальних показників;

- для визначення всіх факторів, що впливають на електроспоживання об'єктів цивільного призначення, а також їх позиціонування від найбільш сильного до слабого.

## **РОЗДІЛ 1**

### **1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СЕП**

#### **1.1 Загальна характеристика етапів розвитку СЕП**

Розвиток сучасних енергетичних систем поділяється на три етапи. На початку 20 століття весь попит на електроенергію забезпечувався на місцевому рівні (поблизу місця споживання). Більшість із цих енергосистем не є особливо надійними, оскільки вся енергія в кожній локальній системі забезпечується одним або максимум двома генераторами. З часом технологічні розробки дали можливість інтегрувати місцеві системи. Резервування генератора в поєднанні з перевагою зміни типів навантаження при різних факторах навантаження внесли необхідні зміни в структуру системи того часу, що дозволило підключити багато ізольованих локальних мереж до централізованої мережі та вдосконалити такі системи та зробити більш надійними.

З розвитком централізованого виробництва електроенергії остаточна система виявилася більш надійною та економічною (див. Таблицю 1.1.) Сьогодні технологічні розробки призвели до появи нової частини місцевої енергетичної системи, децентралізованої енергетичної технології, яка може скласти конкуренцію централізованим електростанціям за вартістю та продуктивністю, але в значно менших масштабах. Не менш важливим є те, що сучасна розподілена технологія дозволяє контролювати та конфігурувати на місці або віддалено. Тоді була змінена структура системи, що дозволило підключити багато ізольованих локальних систем до центральної мережі та покращило роботу таких систем.

На відміну від перших двох етапів розвитку електричних систем, коли акцент робиться на розподілених або централізованих енергосистемах,

сучасна ера складних систем характеризується поєднанням централізованих та розподілених архітектур. Розширення децентралізованої енергетичної технології допомагає створювати нові електричні системи, в яких різні джерела енергії працюють разом, забезпечуючи широкий спектр технологій, тоді як централізовані системи або децентралізовані технології не можуть забезпечити ці технології самостійно.

У зв'язку з активним розвитком джерел РГ існує багато визначень поняття джерела РГ, найрозповсюдженіші зведено у табл. 1.1. Відомі міжнародні організації (робоча група CIGRE, IEEE, International Energy Agency та ін.) надають досить багато уваги проблемі РГ і беруть активну участь у її обговоренні.

Таблиця 1.1 – Визначення джерел РГ.

Автор	Визначення РГ
Робоча група CIGRE	Генеруючі пристрої що, як правило, з'єднані з розподільними мережами, максимальна потужність яких становить від 50 МВт до 100 МВт
IEEE	Генераторні установки, значно менші за встановленою потужністю, ніж централізовані електричні станції, допускаючи йсній зв'язок з будь-яким вузлом в енергосистемі, розташованим неподалік.
International Energy Agency	Об'єкти, що виробляють електричну енергію переважно на стороні споживачів та поставляють її безпосередньо в локальну розподільну ЕМ

Проаналізувавши визначення в таблиці 1.1, ми можемо сказати, що енергія від джерела РГ - це енергія, що виробляється в місці споживання або поблизу нього. Він включає технології, що забезпечують як електричну, так і механічну енергію, а також крутний момент для переміщення рідин (наприклад, нафти) та предметів (таких як човни та поїзди). Технологія розподіленої енергії може бути фіксованою (типовою для електрообладнання) або мобільною (як на океанських кораблях і локомотивах). Електричний потенціал децентралізованої системи можна виміряти за допомогою електричної потужності (кВт або МВт). Сучасна технологія розподіленого виробництва електроенергії (РГ) настільки



різноманітна, що під час спільної роботи в електричній системі зазвичай необхідно використовувати велику кількість перетворювачів потужності (ПЕЕ), щоб відповідати електричним параметрам.

Виходячи з вищевикладеного, для вирішення проблем (цілей) у майбутніх дослідженнях розглянемо топологію розподілу та розглянемо локальну електричну систему (ЛЕС) як обмежений набір низьковольтних джерел живлення, перетворювачів та електрообладнання, що з'єднує єдиний електромагнітний процес. Мережа з характеристиками виробництва, перетворення, розподілу та споживання електроенергії. Такі ЛЕС можуть працювати паралельно із загальною електромережею, або можуть працювати окремо від загальної електромережі. Відповідно до цих функцій, ЛЕС можна розглядати як окрему мережу, яка займає середнє положення між традиційним ланцюгом та енергосистемою.

На відміну від першого, характеристика ЛЕС полягає в тому, що інтервал зміни напрямку руху електроенергетичного процесу різний, і існує велика кількість елементів з нестационарними, нелінійними та параметричними характеристиками. Що стосується другого, ЛЕС має змінну структуру, яка обумовлена режимом роботи і може змінюватися кілька разів через різні інтервали часу. Все це ускладнює оцінку процесу в ЛЕС. З одного боку, деякі елементи цих систем також можуть бути представлені у вигляді мереж із ланцюгами генерації електроенергії, а з іншого боку, загалом ЛЕС можна розглядати як електричне обладнання в енергосистемі.

## **1.2 Аналіз загальної характеристики СЕП. Міжнародний досвід**

Розвиток світового енергетичного сектору є одним із ключових питань концепції сталого соціального розвитку. Енергетика на цьому етапі є основою економічного розвитку. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА, IEA) прогнозує у своєму Світовому енергетичному прогнозі (WEO 2017), що економіки країн та регіонів у всьому світі спостерігатимуть значне

зростання протягом наступних 20 років. Через наступні ключові фактори, цей прогноз базується на зростанні попиту на первинну енергію в різних регіонах та країнах світу. Приріст населення збільшиться з 7,4 мільярда сьогодні до 9 мільярдів у 2040 році. Споживання енергії на душу населення (із середньорічним темпом приросту 0,7%) збільшиться на 30% до 2040 року.

Відповідно до висновків прогнозу, МЕА відмічено значне зростання динаміки попиту на первинну енергію за регіонами та країнами світу. При цьому, регіональні тенденції істотного зростання визначатимуть Китай, Індія, Бразилія та Близький Схід.

Аналітичні дослідження та оцінка прогнозів визначили загальні економічні орієнтири, які формують національні стратегії та плани розвитку різних галузей, регіонів та країн. На основі досліджень та аналізу розвитку енергетики згідно з чинною національною стратегією Міжнародного енергетичного агентства було визначено, що основними джерелами енергопостачання будуть природний газ, відновлювані джерела енергії та енергоефективність. До 2030 року споживання природного газу зросте приблизно на 20%, і воно залишиться на рівні 2040 року. Враховуючи прихильність світу до імплементації Паризької кліматичної угоди та інтенсивний розвиток низьковуглецевих та відновлюваних джерел енергії, споживання природного газу, як очікується, зросте. Цей період сягає 45%. Очікуване збільшення споживання природного газу також пояснюється необхідністю розвитку інституційно регульованих можливостей контролю за відводом для випадкового (нестабільного) виробництва відновлюваної енергії.

Згідно з довгостроковими прогнозами, споживання нафти буде продовжувати зростати до 2040 р., але темпи зростання сповільнюватимуться, головним чином, через зростаючий попит на вантажні, авіаційні та нафтохімічні галузі. Згідно з доповіддю "Перспективи товарного ринку експертами Світового банку. 2018" передбачається, що середня ціна

нафти в 2018 році складе 65 доларів. Через збільшення попиту та скорочення видобутку ціна за барель у США залишиться незмінною у 2019 році. Факторами, що підтримують ці витрати, будуть постійні обмеження на видобуток нафти країнами ОПЕК та інших країн, а також високий рівень попиту.

За оцінками експертів Світового банку, ціни на природний газ та вугілля в 2019 році зростуть на 20%, що на 16% вище прогнозованого в жовтні 2017 року. Сьогодні глобальна тенденція розвитку енергетики характеризується поглибленням інтеграції енергетичних систем та все більшим використанням нетрадиційних відновлюваних джерел енергії та розподілених об'єктів виробництва енергії. Водночас частка прямого та непрямого використання відновлюваної енергії (ВДЕ) зростає з 9% сьогодні до 16%. Широке використання відновлюваної енергії в електроенергії та реалізація цілей Паризької кліматичної угоди "припинять широке використання вугілля". Особливо в Європейському Союзі відновлювані джерела енергії стануть основним засобом виробництва електроенергії до 2030 року.

На думку Міжнародного енергетичного агентства, енергоефективність, яка визначається споживанням енергії на одиницю ВВП, повинна зростати прискореними темпами у всьому світі. Подальші вдосконалення енергоефективності обмежують загальний ріст споживання первинної енергії - якщо енергоефективності немає, то кінцеве споживання протягом прогнозованого періоду має зрости більш ніж удвічі. Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) заявила, що глобальні умови ринку енергоефективності та заходи з енергоефективності досягли рівня, коли їх внесок у постачання енергії перевищує внесок будь-якого іншого джерела енергії. Згідно з прогнозом на 2040 рік (WEO 2017), ВВП енерго- та вуглецевої інтенсивності в результаті реалізації плану енергоефективності та

виконання національних зобов'язань за Паризькою угодою слід зменшити на 37% та 10% відповідно, порівняно з 2016 роком[1].

Прогнозована МЕА (WEO 2017) динаміка зміни структури встановленої потужності електростанцій у світі за періоди до 2020 – 2030 рр. підтверджує що приріст генерувальних потужностей електростанцій (рисунок 1.1) , що використовують відновлювані джерела енергії, складе майже 2/3 загального приросту генерувальних потужностей до 2040 р.

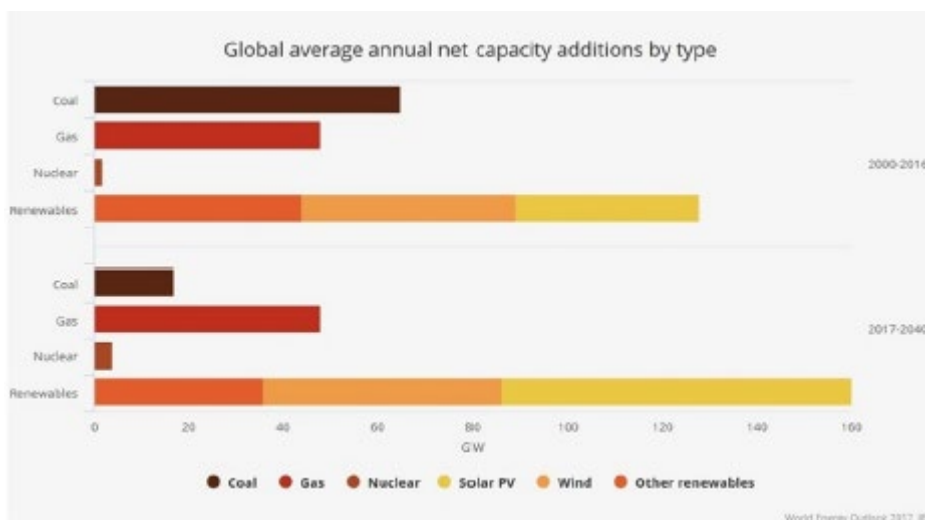


Рисунок 1.1 – Нові світові потужності за типами електрогенерації

Завдяки розвитку відновлюваної енергетики в 2016 році, це забезпечило 63% чистого приросту глобального виробництва електроенергії. Глобальна встановлена потужність відновлюваної енергії досягла 2195 ГВт, що становить 26,5% світової електроенергії (рисунок 1.2)

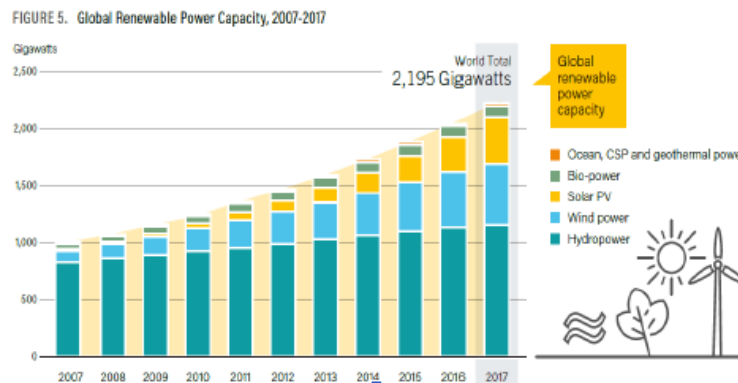


Рисунок 1.2 – Динаміка світової потужності ВДЕ за 2007 – 2017 роки

Завдяки технічному прогресу в цій галузі, в тому числі за рахунок значного зниження вартості вітрових та сонячних електростанцій, використання відновлюваної енергії може бути розширено. У звіті Міжнародної асоціації політичних мереж відновлюваної енергетики за XXI століття (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21) вказується, що конкретні інвестиційні та експлуатаційні витрати на виробництво "чистої" енергії та впровадження нових потужностей зменшуються з кожним роком. Аналіз середніх витрат енергії (LCOE 11.0), проведений американською компанією Lazard Ltd та Міжнародним агентством з відновлюваних джерел енергії (IRENA). У період з 2010 по 2017 рік середньозважений LCOE глобальної промислової сонячної енергії впав на 73%, що призвело до зниження вартості МВт-год сонячної та вітрової енергії до 30 доларів. Сполучені Штати.

Згідно з дослідженнями REN21, завдяки інтеграції великої кількості нестабільного виробництва електроенергії з ВДЕ, впровадження мережевої системи накопичення енергії (понад 7 разів за останні десять років) є інструментом підвищення гнучкості енергосистеми для забезпечення її надійної та безперебійної роботи один. Згідно з прогнозом світового економічного прогнозу на 2017 рік, електроенергія стає лідером в енергетиці, і до 2040 року кінцеве споживання енергії у світі зросте на 40%, "і нафта відіграє цю роль протягом останніх 25 років". Зі зростанням споживання

електроенергії в традиційних районах та бурхливим розвитком електромобілів електроенергія стала одним із ефективних джерел опалення та транспортування. Особливо виконання національних планів французького, британського та голландського урядів та ряду інших країн щодо поетапної відмови від продажу транспортних засобів з традиційними бензиновими та дизельними двигунами до 2040 р., за оцінкою МЕА, приведе до зростання парку електромобілів з сьогоднішніх 2 млн одиниць до 280 млн у 2040 р.

На думку МЕА та інших міжнародних організацій, в умовах, коли електроенергія стає все більш важливим фактором сталого економічного розвитку, дерегуляція (лібералізація) енергетичного ринку стає незамінною частиною розвитку електроенергетики. Поглиблюючи рівень конкуренції на лібералізованому ринку електроенергії, було створено механізм стимулювання для підвищення енергоефективності в різних галузях економіки, промисловості, енергетиці та транспорті за рахунок інвестицій та інноваційного розвитку.

Лише коли розроблена та впроваджена всебічна та ретельно збалансована нормативна база, можна досягти надійності забезпечення споживачів електроенергією за цінами та прийнятних екологічних наслідків. У цьому випадку цілеспрямована організація конкурентного ринку енергії є стратегічним напрямком розвитку світового енергетичного сектору, який приймають розвинені країни ОЕСР, Європейський Союз та багато країн, що розвиваються. Водночас ефективність та прозорість дерегуляції та соціально-економічно обґрунтований вплив країни стали передумовою для створення конкурентного ринку енергії, і це ефективний інструмент для досягнення економічної стабільності та запобігання інфляції, негативній монополії та різниці в цінах.

Незважаючи на різноманітність умов, які склалися до початку реформування електроенергетики в зарубіжній практиці, практично у всіх країнах цілі реформування (лібералізації) енергетичних ринків було

спрямовано на: оптимізацію цін на електроенергію; залучення інвестицій у електроенергетичну галузь; підвищення ефективності виробництва, передачі та розподілу електроенергії та впровадження інновацій.

Основна мета лібералізації - підвищення енергоефективності шляхом створення конкурентного середовища для задоволення основних вимог споживачів[2]:

- забезпечити ринковий рівень цін, стабільність цін та передбачуваність змін шляхом широкого прийняття стимулюючих тарифів;

- можливість створення безкоштовної електроенергії для нових об'єктів або збільшення споживання існуючих об'єктів;

- підвищити якість послуг;

- поліпшити надійність та якість електропостачання у посиленні розвитку відновлюваної енергетики.

Особливу увагу потрібно приділити забезпеченню доступу оптовиків та покупців електроенергії до мережі без дискримінації з метою встановлення конкуренції між ними, включаючи механізми ефективного розподілу та уникнення обмежень пропускної спроможності мережі між користувачами.

Для відділення ціни на електроенергію та супутні послуги, що поставляються конкуруючими збутовими організаціями, від регульованої складової тарифів за використання магістральних та розподільчих мереж, відповідно здійснюється розподіл роздрібних тарифів на складові, що дозволяє споживачам вибирати між конкуруючими збутовими організаціями.

Пріоритетом ринку електроенергії ЄС є: формування внутрішнього ринку, енергетична безпека, енергетична інфраструктура, диверсифікація джерел та каналів постачання та охорона навколишнього середовища. З 2000-х років виснаження ресурсної бази держав-членів ЄС призвело до зростання залежності від імпорту енергії, а також глобальних проблем зміни клімату, що призвело до зростання вимог ЄС до енергетичної політики та вирішення

проблем безперебійного постачання енергії та стабільності цін. За підрахунками Європейського статистичного агентства Євростат (Євростат), населення Європи на початок 2018 року становило приблизно 692 мільйони, що становило 9% населення світу[3].

На рисунку 1.3 нижче показано типову "класичну" тенденцію на розвинутих ринках: порівняно з 2010 роком ВВП виріс, населення трохи зросло, а споживання електроенергії зменшується (трохи збільшилось за останні три роки). За статистикою ЄС, ВВП ЄС зріс на 10% за останні 7 років, досягнувши 185 153,61 млрд. Доларів США. Споживання електроенергії в США зменшилось на 2%.

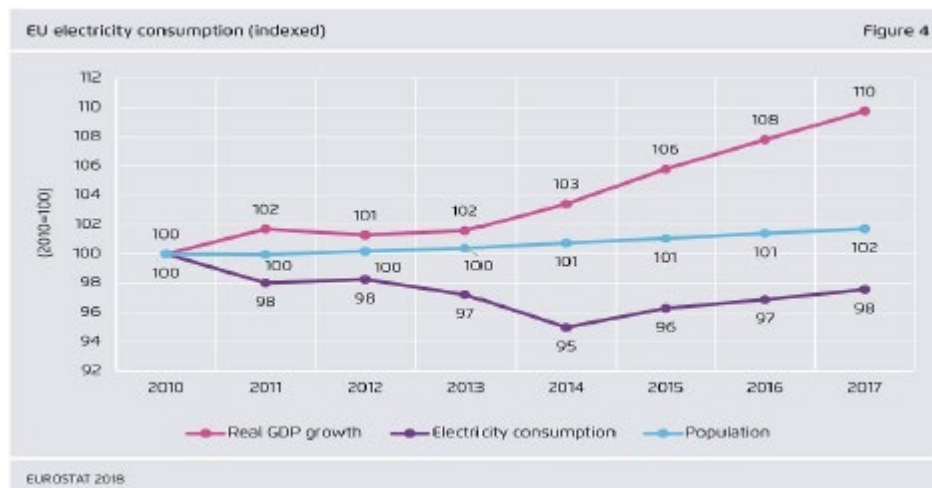


Рисунок 1.3 – Споживання електроенергії в ЄС

У першій половині 2018 року європейський попит на природний газ вперше з 2015 року впав на 2,6%. Найбільше скоротилося споживання природного газу в енергоспоживанні - на 4,2%, за оцінками експертів, це відбулося через зростання цін на паливо. Таким чином, збалансований ринок ніш не замінено вугільними електростанціями, як це було з 2010 по 2012 рік. Натомість виробництво відновлюваних джерел енергії та електростанцій з відновлюваною енергією зросло на 19% та 17% відповідно. Через зростання цін на вугілля та підвищення плати за викиди вуглекислого газу виробництво



вугільних електростанцій впало. На рисунку 1.4 нижче показано динаміку змін у європейській структурі виробництва електроенергії з 2010 по 2017 рік. На малюнку нижче показано стабільне зростання частки ВДЕ та вугільних відходів у виробництві електроенергії.

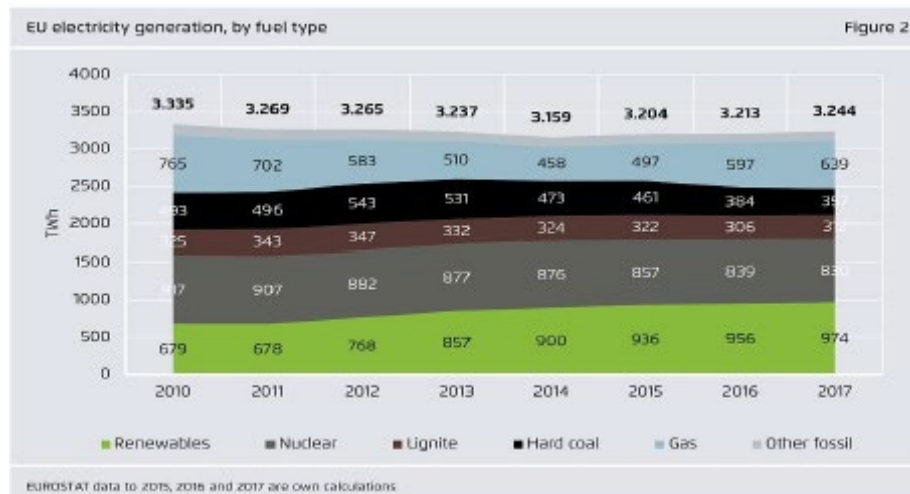


Рисунок 1.4 - Виробництво електроенергії в ЄС за видами палива

Країни Західної Європи, на відміну від Східної Європи, поетапно відмовляються від вугілля – Франція, Великобританія, Нідерланди, Італія, Португалія оголосили про припинення використання вугілля у визначені періоди. У Німеччині, яка є найбільшим споживачем вугілля в Європі, невизначена кінцева програма обсягів заміщення вугільної генерації.

У країнах ЄС здійснюється поступове виведення з експлуатації традиційних ТЕС. У 2016 р. в ЄС введено в експлуатацію 3358 МВт нових потужностей на викопному паливі (в тому числі 3115 МВт на природному газі та 243 МВт на вугіллі), у той же час було виведено з експлуатації близько 12449 МВт (включаючи 7267 МВт на вугіллі, 2256 МВт на природному газі і 2197 МВт на мазуті)[3].

В контексті активної кліматичної політики країни ЄС вживають заходів щодо економії енергії, підвищення енергоефективності та розвитку відновлюваної енергетики. Ці заходи можуть не тільки обмежити викиди

парникових газів, але, з одного боку, можуть зменшити споживання енергії, з іншого боку, можуть розвивати власну енергію, зменшуючи тим самим залежність від імпорту. Як показано на рисунку 5, у 2017 році комбіноване виробництво сонячної, вітрової та біоенергії вперше перевершило вугільні електростанції ЄС.

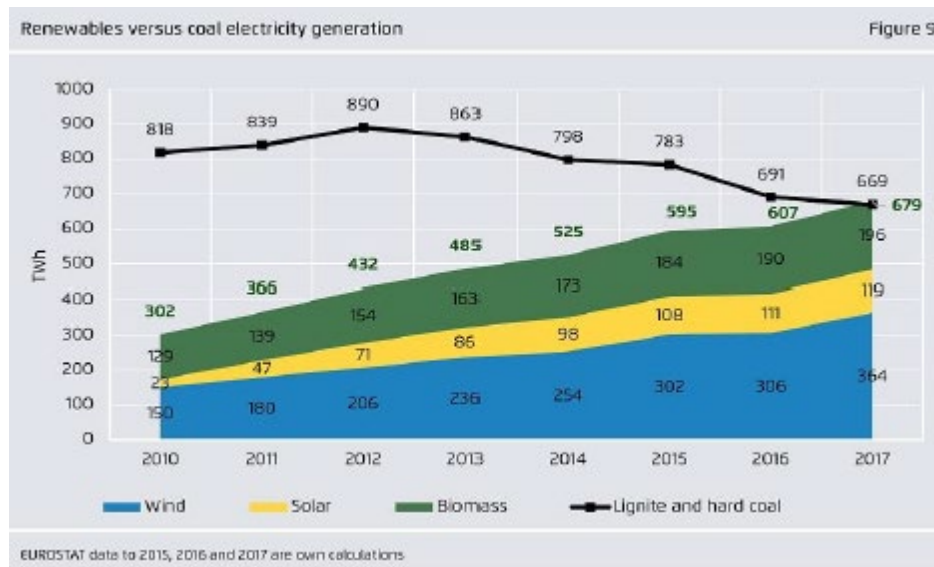


Рисунок 1.5 - Порівняння виробництва електроенергії з відновлюваних джерел та вугілля

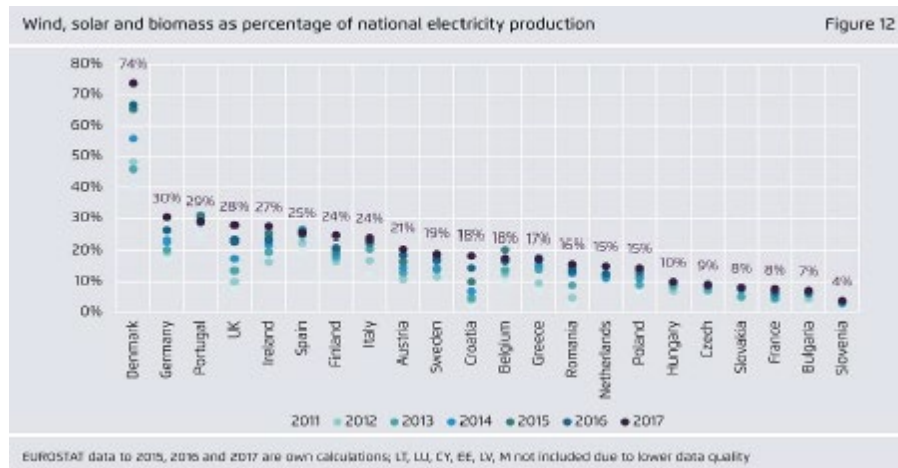


Рисунок 1.6 - Виробництво електроенергії за країнами

В контексті активної кліматичної політики країни ЄС вживають заходів щодо економії енергії, підвищення енергоефективності та розвитку

відновлюваної енергетики. Ці заходи можуть не тільки обмежити викиди парникових газів, але, з одного боку, можуть зменшити споживання енергії, з іншого боку, можуть розвивати власну енергію, зменшуючи тим самим залежність від імпорту. Як показано на малюнку, у 2017 році комбіноване виробництво сонячної, вітрової та біоенергії вперше перевершило вугільні електростанції ЄС.

Досягнення цієї мети залежатиме від повного впровадження наступного: директиви 2012/27 / ЄС, яка встановлює загальні вимоги до енергоефективності в межах ЄС; Директиви 2010/31 / ЄС про модернізацію житлового фонду та Директива 2009/28 / ЄС про збільшення частки використовуваної відновлюваної енергії. Директива 2012/27 / ЄС про енергоефективність, яка внесла зміни до Директив 2009/125 / ЄС та 2010/30 / ЄС, а також скасувала Директиви 2004/8 / ЄС та 2006/32 / ЄС, покращуючи тим самим енергоефективність в ЄС . Встановлені правила, спрямовані на усунення бар'єрів енергоефективності на енергетичному ринку. Основними заходами, передбаченими директивою, є: щорічне технічне обслуговування (модернізація), що становить 3% від загальної площі опалення та / або охолодження в державному секторі; національна довгострокова стратегія реконструкції, включаючи комерційні, житлові, громадські та приватні будівлі;

Зокрема, Директива 2012/27 / ЄС висуває нові вимоги щодо реконструкції будинків, енергоефективності, енергоаудиту та енергоефективності, які включають такі положення: Підвищити ефективність енергетичної системи. Енергетичні компанії, на які поширюється дія директиви, повинні досягти певного рівня енергоефективності під час виробництва та транспортування енергії. Одним із заходів є вимагання зменшити загальне споживання енергії на 1,5% від рівня 2009 року з 2014 по 2022 рік. Підвищення ефективності систем опалення та кондиціонування. До грудня 2020 року всі держави-члени ЄС повинні заповнити та подати до

Європейської Комісії звіт про стан та плани опалення та кондиціонування повітря комбінованого виробництва енергії та енергії.

Загальноєвропейські та національні цілі. Директива встановлює спільну мету зменшити споживання енергії в ЄС на 20% до 2026 року. Кожна країна сформулювала національний план підвищення енергоефективності шляхом оновлення відповідних положень національної стратегії на 2020, 2023 та 2026 роки кожні три роки. Директива 2009/28 / ЄС про збільшення частки використання відновлюваної енергії (ВДЕ - Директива про сприяння використанню відновлюваної енергії). Відповідно до положень директиви, держави-члени ЄС повинні сформулювати національний план дій з відновлюваної енергетики, який визначає національні цільові показники частки відновлюваної енергії у секторах транспорту, електроенергії, опалення та охолодження (кондиціонування) до 2020 року.

Директива рекомендує в середньому збільшити споживання PDE на 10% у загальній структурі споживання первинної енергії. Зокрема, багато держав-членів ЄС встановили цілі щодо реалізації вищих цілей споживання енергії для викидів до 2020 р., А саме: Фінляндія - 38%; Данія - 30%; Естонія - 25%; Німеччина - 20% тощо.

В Європейському Союзі понад 40% споживання первинної енергії припадає на будівлі, з яких дві третини використовуються в житлових будинках, а третина - в нежитлових будинках і спорудах. Згідно з розрахунками Європейської комісії, коли будуть прийняті економічно ефективні заходи, споживання енергії будинків та будівель може бути зменшено на 30%. Для досягнення цієї мети було прийнято "Директиву про енергоефективність будівель" 2010/31 / ЕС (EPBD), яка встановлює відповідні вимоги до енергетичних показників будівель.

Основна мета директиви - забезпечити створення фундаменту для підвищення енергоефективності мешканців та громадських будівель на

національному рівні шляхом встановлення кількісних показників енергоспоживання та енергоефективності.

Директива заснована на стандарті CEN, який посилює роль загальноєвропейських стандартів у національній юридичній практиці кожної держави-члена ЄС. Положення директиви мають бути впроваджені всіма країнами-членами ЄС до 2026 року. На основі рекомендацій Європейського парламенту остаточна версія документа визначила деякі додаткові вимоги щодо:

- вводячи цільові значення та національні показники вимог енергоефективності, цільові значення та показники слід визначати з урахуванням структури споживання первинної енергії (кВт / год) або альтернативних показників споживання енергії;

- обов'язкового впровадження заходів із підвищення енергетичної ефективності із застосуванням технологій на основі ПДЕ під час реконструкції існуючих будівель;

- впровадження спеціальних вимог щодо енергетичної ефективності систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря з рекомендаціями щодо зниження навантажень на системи та використання енергоефективних технологій;

- впровадження регулярного технічного обстеження всієї системи опалення будівлі;

Директивою визначено – усі нові будівлі, починаючи з 2020 р., мають відповідати вимозі «нульового» енергоспоживання (громадські будівлі – з 2022 р.). Визначення терміну «нульове» енергоспоживання залишається за кожною країною-членом ЄС (додаток А).

Німеччина та деякі країни-члени ЄС (Данія, Бельгія) вже досягли значних результатів щодо впровадження стандартів енергоефективності.

Наприклад, за період з 1980 по 2015 рр. норма енергоспоживання будівель у Німеччині знизилась від 265 до 15 кВт·год/м<sup>2</sup> у рік.

Діючі в ряді країн ЄС характеристики будівель із близьким до «нульового» енергетичним балансом.

Дуже важливий також досвід Швеції у будівництві пасивного будинку, який запровадив енергоефективні будівельні стандарти, щоб мінімізувати вплив комфортного життя на навколишнє середовище. У Бродагені, Швеція, проект завершується і являє собою реконструкцію муніципального житлового будинку, побудованого до 1970 року. Проект фінансується Шведським енергетичним агентством і реалізується відповідно до плану зменшення споживання енергії на 20%. У той же час технологія "пасивного будинку" може зменшити споживання енергії опалення на третину

За звітом Об'єднаного дослідницького центру Європейської комісії «Споживання енергії і тенденції в галузі енергоефективності в країнах ЄС-28 (2000-2014), 2016 р.» (Energy Consumption and Energy Efficiency Trends in the EU-28 (2000-2014), 2016), країни-члени ЄС на шість років раніше досягли показників енергоефективності 2020 р., знизивши споживання енергії з 2000 до 2014 р. на 6,35 %.

Цей звіт аналізує правову базу ЄС, пов'язану з енергоефективністю: Директива 2012/27 / ЄС про енергоефективність, Директива 2010/31 / ЄС про енергетичну ефективність будівель, Директива 2009/125 / ЄС Еко-дизайн, Директива 2010/30 / Етикетка ЄС, Директива 2009/28 / ЄС про відновлювані джерела енергії, Директива 2010/75 / ЄС про промислові викиди та правила викидів CO<sub>2</sub> для нових легкових автомобілів. Згідно з повідомленням, енергетичні показники енергоємності та споживання енергії на душу населення були зменшені, що допоможе країнам-членам ЄС перейти до більш конкурентоспроможних регіонів. У 2014 році в чотирьох країнах-членах ЄС, Німеччині, Франції, Великобританії та Італії, рівень споживання становив близько 50% кінцевого споживання енергії. У 14 країнах-членах ЄС споживання було зменшено на 10% від загального кінцевого споживання енергії. %.

Згідно з доповіддю, неухильне зниження споживання енергії між 2000 і 2014 роками зменшило кінцеве споживання енергії ЄС з 113 мільйонів тонн у 2000 році до 1,061 мільярда тонн у 2014 році. В результаті (рисунок 1.7) споживання зменшилось відповідно до орієнтовного завдання на 2020 рік, встановленого Директивою про енергоефективність, і кінцева енергія становить 1,078 млрд т, що стає основою для формування відповідного енергетичного балансу.

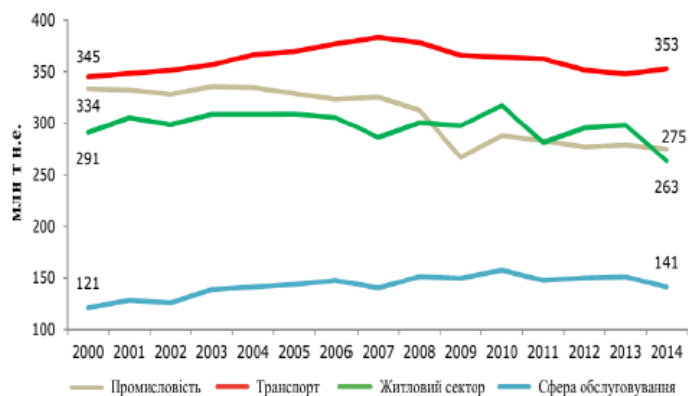


Рисунок 1.7- Споживання енергії у країнах ЄС

Аналіз споживання за економічним сектором показує, що найбільше зниження кінцевого споживання енергії припадає на промисловий (-17,62%) та житловий сектори (-9,52%), тоді як транспортний сектор дещо зріс (+ 2, двадцять один%). Водночас зросло споживання енергії у сфері послуг (16,48%). Успішне впровадження основних положень цих директив, стандартів та національних нормативних актів з метою підвищення енергоефективності та використання PDE для заміни відповідної кількості органічного палива допоможе поліпшити економічну ефективність опалення в житловому та соціальному секторах.

### 1.3 Аналіз проблемних питань щодо функціонування СЕП

Аналіз поточної ситуації в енергетичній галузі України показує, що Україна може інтегруватися з енергетичною галуззю ЄС лише за умови

дотримання жорстких вимог до параметрів якості електроенергії (має бути в межах допустимих рівнів, встановлених нормативно-правовими актами [1, 2]. Слід зазначити, що якість електроенергії в значній мірі вплине на надійність української електроенергії та є постійним фактором, який може спричинити необґрунтовані економічні втрати безпосереднім енергопостачальним компаніям та багатьом споживачам електроенергії. Тому, за даними зарубіжних досліджень [3] втрати, спричинені неякісною електроенергією в Європі, складають десятки мільярдів євро щороку. Через відсутність електроенергії проблеми якості електроенергії, як правило, зростають щороку (наприклад, у США за останні десять років вона зросла вдвічі). В даний час подібних даних про Україну бракує, оскільки проблеми якості електроенергії можуть лише систематично вирішувати науковці.

До першої категорії належать гармоніки та міжгармоніки, коливання напруги та дисбаланси напруги, а до другої - перехідні процеси напруги, перепади напруги, перенапруги, перебої напруги та інші високочастотні спотворення. Для визначення якості живлення використовується велика кількість методів обробки інформаційних сигналів. Тому одним із найпоширеніших методів є так званий метод середнього квадрату, який базується на спеціальній функції кривої вхідного сигналу, яка може забезпечити задовільне наближення основного діапазону частот електромережі. Перевагами цього методу є його простота, швидкість обчислення та невеликий обсяг пам'яті для зберігання результатів обчислень [4].

Але результат багато в чому залежить від розміру вікна комп'ютера, і немає різниці в гармоніках та компонентах шуму. В даний час цей метод використовується лише для визначення середньоквадратичного значення напруги джерела живлення та для автоматичної класифікації сигналів. Слід також зазначити, що фільтр Калмана, який широко використовується для визначення якості електроенергії, може визначати просторовий стан моделі



сигналу навіть за наявності шуму, тим самим визначаючи амплітуду та фазу основної частоти та гармонік [5].

Недоліком є велика похибка при визначенні короткочасних і високочастотних спотворень. Найбільш широко використовуваним апаратом для аналізу параметрів якості електричної енергії є швидке перетворення Фур'є (ШПФ), яке трансформує сигнал із часового простору у частотний його декомпозицією на декілька частотних компонент.

Однак алгоритм Фур'є має кілька джерел методологічних помилок, які призводять до зниження точності результатів аналізу та їх якісного спотворення. Основними недоліками є обмежена частотна роздільна здатність та недостатня точність при оцінці частоти окремої гармонічної складової. У першому випадку це роздільна здатність двох спектральних компонентів з однаковими частотами, а у другому - правильність частоти розділених гармонічних компонентів.

Для підвищення точності проведення перетворення Фур'є застосовується ряд додаткових математичних операцій. Так, для виключення ефекту розсіювання (коли довжина часової вибірки не дорівнює періоду функції, яка аналізується) виконується синхронізація частоти дискретизації із частотою сигналу [6], доповнення нулями вихідної вибірки аналізуємого сигналу або застосовуються часові або спектральні вікна. Ефективним засобом зменшення спектральних витоків є застосування віконних функцій у відповідності із інтерполяційним алгоритмом. Але ці методи не дозволяють збільшити частотну роздільну здатність. Використання часового або спектрального вікна зменшить ефект розсіювання за рахунок зменшення роздільної здатності частоти (за рахунок виключення деякої інформації про функцію аналізу), а у разі додавання нуля до вихідної вибірки збільшує селективність розрахункової частоти піку вузькосмугового спектра. Тому помилка пов'язана з її нерівномірністю.

В основному, вищевказаний метод виявлення спотворень використовується для простих (рівномірних) спотворень. Щодо систем живлення, слід звернути увагу на їх функції - існує кілька типів спотворень сигналу протягом часового інтервалу (циклу). Ідентифікація двох типів спотворень висвітлена такими вченими, Abdel-Galil (2004 p.) та He (2006 p.) . У подальшому Riberio у 2007 році запропонував принцип поділу електричного сигналу на ряд простих компонент для класифікації спотворень у електричній мережі . Але запропонований метод дуже складний і не дозволяє класифікувати мерехтіння (коливання частоти), міжгармонічність та асиметрію. У 2007 році Лі запропонував версію еталонної векторної машини (SVM) для виявлення складних спотворень.

Модернізація сучасних енергосистем, заснованих на технології інтелектуальних мереж [4], тісно пов'язана з розвитком систем електропостачання (ЕЕС). Як ми всі знаємо, мережі розподілу електроенергії традиційно проектуються і експлуатуються пасивно від енергосистем та систем передачі до кінцевих споживачів. У цьому випадку велика кількість струму збирається разом, і ці струми надходять до користувачів з підстанції. Оператор системи розподілу електроенергії недієздатний і повинен активно контролювати струм. З цієї причини в даний час більшість таких систем є пасивними [5].

З огляду на зростаючий попит на електроенергію, необхідно ввести в дію нову потужність з виробництва електроенергії. Широка популярність так званих децентралізованих джерел енергії перетворила централізовані пасивні енергосистеми на децентралізовані геоінформаційні енергосистеми. У цьому випадку мережа стає активним компонентом енергосистеми. Децентралізоване виробництво електроенергії - це джерело електроенергії, яке безпосередньо підключено до розподільчої мережі або підключене до такої мережі споживачами електроенергії. Через появу великої кількості додаткових взаємозв'язків, встановлення такого покоління сильно впливає на

потік інформації, що пов'язано з вирішенням багатьох проблем, властивих існуючій централізованій енергетичній системі. Це стосується проблем, що виникають при проектуванні та експлуатації системи електропостачання [6]:

- поява зворотних (від споживача до електричної мережі) потоків електричної енергії;
- генерація в електричну мережу гармонік високого порядку; утруднення регулювання напруги електричної мережі та підтримання балансу реактивної потужності;
- необхідність погодження графіків електричного навантаження (ГЕН) джерел розосередженої генерації із режимами роботи систем СЕП;
- можливість включення таких джерел енергії на паралельну роботу і поява локальних енергетичних мікросистем і т. і.

Все це свідчить про те, що модель EPS має динамічні характеристики, появу додаткової інформації, економічні та фінансові відносини, а сама EPS потребує систематичної модернізації. По-перше, це передбачає створення інформаційної інфраструктури, частиною якої повинна бути система моніторингу параметрів системи EPS. Як зазначалося раніше, одним із важливих параметрів системи електропостачання є якість електроенергії, яка є важливою складовою, яка впливає на роботу та ефективність роботи EPS, а також на розмір енергопостачальних організацій та втрати споживачів. А оскільки якість електричної енергії впливає не тільки на обладнання електричної мережі, а і на електрообладнання споживачів, і, як наслідок, обумовлює зниження ефективності технологічних процесів (сприяє випуску неякісної продукції, збільшенню питомих витрат електроенергії на одиницю продукції і т. і. ), то дотримання нормованої якості електричної енергії є важливою і основною вимогою забезпечення функціонування СЕП [7].

На сьогодні статус розподільчої мережі має такі показники[7] :

- 6,6% ліній електропередач 35-110 (150) кВ та 11,5% ліній електропередач 0,4-10 (6) кВ технічно непридатні, і їх потрібно щороку збільшувати Витрати на технічне обслуговування та ремонт 25 ;

- близько 22,3% трансформаторів напругою 35-110 (150) кВ та близько 14,9% трансформаторів напругою 10 (6) кВ досягли терміну служби, передбаченого в технічній документації, очевидно, що надійність недостатня і потребує заміни;

- фактичне споживання електроенергії в електромережі в середньому становить 12,1%, а фактичне споживання електроенергії окремої електромережі досягає 18%;

- через зміни в структурі енергоспоживання, тобто збільшення міського навантаження та зменшення сільських територій – електричні мережі значних і найзначніших міст вимагають збільшення пропускної здатності та спорудження додаткових ПС 110 (150) кВ. З роками вартість обслуговування енергомережі зменшилась, приблизно на 60% від необхідної вартості, яка визначається технічними правилами експлуатації енергомережі. У наступній таблиці наведено загальні кількісні характеристики існуючих електромереж енергопостачальних компаній. Що стосується коефіцієнта розвитку мережі енергопостачальних підприємств 0,4-110 (150) кВ, то довжина лінії 35-110 (150) кВ при розрахунку одноконтурної мережі становить 11,4% від загальної довжини мережі 0,4-110 (150) кВ в кількості підстанцій 35-110 (150) кВ становить 2,5%, а його потужність трансформатора становить 64,4% від загальної потужності трансформаторів 0,4-110 (150) кВ. Серед ліній електропередачі 0,4-10 (6) кВ кількість кабелів 0,4-10 (6) кВ становить 9,7%. Якщо визначати заходи щодо покращення функціонування електричних мереж енергопостачальних компаній, то їх дуже багато, проте вони мають регіональні особливості.

Таблиця 1.2 - Загальна характеристики електричних мереж електропостачальних

Кількість	Напруга, кВ					Питома вага у загальній кількості, %
	110(150)	35	10(6)	0,4 кВ і нижче	Всього	
Лінії електропередавання						
Довжина ЛЕП, км, всього	34823,5	55810,8	292123,6	413453,7	796211,6	100
ПЛ	34803,2	55380,0	253705,8	383550,6	727439,6	91,4
КЛ	20,3	430,8	38417,8	29903,1	68772,0	8,6
Питома вага у загальній кількості, %	11,4		88,6		100	
Підстанції						
Кількість ПС, од.	1312	3412	182243		186967	
Питома вага, %	2,5		97,5		100	
Сумарна потужність трансформаторів, МВА	48244	19615	37486		105345	
Питома вага у загальній кількості, %	64,4		35,6		100	

#### 1.4 Аналіз стану та розвитку системи електропостачання в Україні

Україна стала повноправним членом Європейського енергетичного співтовариства в 2011 році і має намір імплементувати рішення ЄС, пов'язані з енергетикою: формулювання та запровадження європейської нормативної бази, створення інтегрованого енергетичного ринку та законодавства для посилення енергетичної безпеки, залучення інвестицій та покращення навколишнього середовища. У країні діють українські закони: "Щодо електроенергії", "Щодо постачання тепла", "Щодо комбінованого виробництва тепла та електроенергії (комбіноване тепло і електроенергія) та використання відходів енергетичного потенціалу", "Щодо збереження енергії", "Щодо принципів функціонування ринку електроенергії", "Про житло"-Комунальні послуги", "Про альтернативну енергетику" тощо.

Енергетика України є основою економічного розвитку країни, забезпечуючи їм надійне та якісне постачання електроенергії та тепла. Встановлена потужність Об'єднаної енергетичної системи України (ОЕС) на 1 січня 2016 року становила 54,8 МВт. Потужність виробництва електроенергії електростанцій ОЕС в Україні у 2015 році досягла 157,7 млрд

кВт-год. При цьому вироблення електроенергії атомних електростанцій становить 55,6%; ТЕС-31,3%; комбіновані теплоелектростанції та блокуючі станції-7,9%; ГЕС та ГАЕС-4,3%; вага-0,6%; СЕС-0,3%. Концентрація виробництва енергії становить 93%. У 2015 році загальне виробництво теплової енергії в Україні становило 204,5 млн ккал. Потреби країни в тепловій енергії можуть бути задоволені двома основними типами систем опалення: централізоване опалення (ГВП) та децентралізоване опалення (ГВП). Для ГВП теплову енергію виробляють компанії різного призначення та типу.

Станом на кінець 2019 року до першої в країні системи виробництва електроенергії відносяться конденсаційні теплові електростанції, атомні електростанції, промислова когенерація та когенерація загального користування загальною тепловою потужністю 174,5 млн. Однак значна частина цих функцій була витрачена і потребує заміни. Другий тип джерела тепла в країні займають опалювальні котли, і його вироблення теплової енергії становить 35-45% від загальної виробленої енергії. Третій тип джерела тепла складається з понад 700 блоків рекуперації тепла.

Основними джерелами тепла DTS є промислові котли та опалювальні котли. Станом на кінець 2019 року їх загальна кількість перевищила 35000, з них: до 3,5 МВт - понад 88% від загальної кількості. На кінець 2019 року загальна потужність опалювальних котлів по всій країні становила 132,6 МВт, з них котли потужністю до 3,5 МВт-18,4% від загальної потужності котла, потужність від 3,5 МВт до 23,3 МВт-21,5% і потужність від 23,3 МВт збільшено до 116,3 МВт-40,3%. Четвертий тип джерела тепла - це автономні пристрої. На кінець 2019 року в країні було понад 11 мільйонів місцевих котелень, які належали до малої енергетичної галузі. Значну частину з них (понад 10 мільйонів) складають котли, що використовують різні види палива (переважно природний газ), тепловою потужністю до 100 кВт.

Крім того, теплову енергію виробляють електричні котли (ЕК), різні типи автоматичних теплових насосів (НР) (переважно реверсивні кондиціонери) та різні електричні нагрівачі (перетворювачі, масляні радіатори, вентилятори, водонагрівачі тощо) . Сьогодні Україна стала країною з найвищим споживанням енергії в Європі. Згідно з дослідженням, проведеним Аналітичним центром "Нова соціально-економічна політика" на основі методу МЕА, енергоефективність української економіки у 2014 році не перевищувала 60% від середнього показника по ЄС. Середня енергетична ефективність в країнах ЄС зменшить споживання енергії більш ніж на 27 мільйонів тон , тобто близько 30 мільярдів кубічних метрів природного газу.

Неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів у технічних процесах (переважно енергоємних галузях, тепло- та електроенергетиці) та економічна структура призвели до високої енергоємності ВВП країни. Енергоємність ВВП України вдвічі перевищує середньосвітовий показник; споживання природного газу в 2,9 рази перевищує ЄС, у 2,5 рази перевищує Польщу та в 2,9 рази менше, ніж Україна. Основними проблемами енергетичного сектору країни є неефективне використання енергетичних ресурсів, залежність від імпорту енергії, недосконалі моделі ринку електроенергії, недостатні ринки опалення, дисбаланси та суперечності в системі цін на електроенергію та недосконалі системи регулювання.

В даний час значна частина потужностей з виробництва електроенергії ОЕС в Україні зношена і неефективна: за 200 000 годин роботи 81% блоків ТЕС та ТЕЦ перевищили межу фізичного зносу і потребують модернізації або заміни; атомна енергетика Термін експлуатації пристрою наближається до кінця. Високий рівень роботи обладнання, застаріла технологія спалювання вугілля, мазуту та природного газу, низький коефіцієнт використання встановленої потужності та низький ККД електростанцій призведуть до надмірного використання палива для виробництва електроенергії та опалення. Сьогодні максимальна ефективність виробництва

теплової енергії в країні не перевищує 32%, тоді як у Німеччині та інших країнах ЄС при роботі в базовому режимі цей показник становить 40% -45%.

Питоме споживання традиційних видів палива, що використовувались українськими енергетичними компаніями та електростанціями для постачання електроенергії у 2015 році, склало 388,6 г / кВт-год та 396,1 г / кВт-год (346,1 г / кВт-год - (1990) відповідно за 8 місяців 2016 року) Порівняно з відповідними показниками в розвинених країнах - 280-320 г / кВт-год. Виходячи із середньої загальної вартості енергії опалення в 140-150 кг / Гкал, одиниця споживання умовного палива, що використовується для опалення, у 2015 році становила 153,6 кг / ккал , 8 місяців 2016 року становив 157,7 кг / ккал.

Оскільки теплові електростанції працюють на етично та фізично зношеному обладнанні та у непроектованих режимах, вони не лише спричиняють велику кількість споживання палива, але й майже пропорційно збільшуються шкідливі викиди сажі, оксиду сірки та азоту.

Слід зазначити, що в Україні річна одиниця енергоспоживання квадратного метра будинку перевищує 250 кВт-год у порівнянні зі 120 кВт-год / м<sup>2</sup> в Європейському Союзі та від 15 до 50 кВт-год / м<sup>2</sup> у Німеччині, що свідчить про те, що рівень енергоефективності в усіх країнах дуже низький.

З огляду на високу енергоємність економіки країни, енергоефективність стала найважливішим ресурсом та гарантією, забезпечуючи необхідний потенціал для подальшого розвитку країни та суспільства.

Уряд приділяє особливу увагу формуванню нормативної бази в галузі енергозбереження та формуванню цільових планів. Було прийнято багато різних рівнів нормативних законів та законопроектів, а відповідні національні законопроекти затвердили заходи для узгодження національного законодавства з європейськими нормативними актами та третього



енергетичного пакету ЄС щодо енергоефективності та впровадження відновлюваної енергії.

Відповідно до українського законодавства (15 грудня 2010 р. "Протокол про ратифікацію приєднання України до Договору про Енергетичне Співтовариство") № 2787-VI Україна повинна імплементувати директиви ЄС про енергоефективність та відновлювані джерела енергії в національне законодавство, а саме: Директива 2006/32 / Положення ЄС про ефективність остаточного використання енергії та енергетичні послуги; Директива 2012/27 про енергоефективність / ЄС; Директива 2010/31 / ЄС про енергетичну ефективність будівель; Директива ЄС 2010/30 про маркування енергетичних продуктів; / 2009 / 28 / ЄС Директива про сприяння використанню відновлюваної енергії.

Слід зазначити, що відповідно до Директиви 2012/27 Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства рішення Європейського Союзу про енергоефективність, рівень енергоефективності буде збільшений до 20% до 2020 року при зменшенні загального споживання енергії щороку. Директива також передбачає реконструкцію будівель, проведення енергоаудитів, підвищення ефективності систем опалення та кондиціонування та розробку механізмів фінансування у сфері енергоефективності. Згідно з прийнятим рішенням, Україна повинна впровадити положення директиви у національне законодавство до 15 жовтня 2017 року, визначити національні цілі енергоефективності та відповідно оновлювати національну стратегію кожні три роки (2017 та 2020).

Розпорядженням [1228-г], виданим Кабінетом Міністрів України 25 листопада 2015 року, затверджено "Національний план дій з енергоефективності до 2026 року" та затверджено "План дій щодо реалізації Національного плану дій з енергоефективності до 2026 року", Він передбачає, що до 2026 року в чотирьох основних секторах будуть вжиті

заходи для забезпечення того, щоб енергозбереження становило 9% середнього кінцевого внутрішнього споживання енергії:

- домогосподарства (житлові будинки) -50%;
- транспорт -9%;
- у секторі послуг ( включаючи бюджетні установи) становить 16%, у промисловому секторі - 25%.

### **Висновки**

У даному розділі здійснено аналіз світових тенденцій модернізації електричних підстанцій на сучасному етапі розвитку.

На основі аналізу сучасного стану методів оцінювання якості електричної енергії окреслено найважливіші проблеми при ідентифікації типу спотворень електричної енергії, які не достатньо вирішені на даний час

Аналіз сучасного стану електроенергетичної галузі України свідчить, що її інтеграція з електроенергетичним сектором країн ЄС можлива тільки за умови дотримання жорстких вимог до параметрів якості електричної енергії.

## **2 .ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

### **2.1 Аналіз поточного стану СЕП об'єктів цивільного призначення**

Електропостачання – забезпечення споживачів електричною енергією.

Споживач електричної енергії – електроприймач або група електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом і розміщених на певній території [8].

Приймач електричної енергії (електроприймач) – електричний апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії на інший вид енергії.[8]

Електропостачальна система – сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією.[8]

Електропостачальна система напругою до 1 кВ – електропостачальна система, елементи якої розраховані на роботу з напругою до 1 кВ.[8]

Електропостачальна система напругою понад 1 кВ – електропостачальна система, елементи якої розраховані на роботу з напругою понад 1 кВ.[8]

Традиційна система електропостачання цивільних об'єктів здійснюється, як правило, від енергосистеми через міські, районні понижувальні підстанції, розподільні пункти та внутрішньоквартальні понижувальні підстанції за прикінцевої системи трифазної напруги 0,38/0,22 кВ, яка за допомогою кабельної або повітряної лінії подається на ввідно-розподільний пристрій (ВРП) об'єкта. Така система живлення найбільш поширена, навіть за наявності ряду недоліків таких, як неефективне використання вичерпного вартісного викопного палива, значні витрати електроенергії на її передавання, антро-

погенний вплив на навколишнє середовище та інших, порівняно з новими технологіями генерування різних видів енергії [9].

Зазвичай, згідно з централізованою системою, найближчим джерелом живлення об'єкта є залізобетонна підстанція типу БКТП, яка використовується в міській мережі-КТПММ тощо. Відповідно до конструкції, вони виготовляються зовнішнім монтажем, з первинною напругою 6-10 кВ, вторинною напругою 0,38 / 0,22 кВ, нейтральною точкою заземленою та силовими трансформаторами 160, 250, 400, 630 та 1000 кВА. Такий квартал ТП зазвичай живиться від РП-10 кВ, і його положення визначається за умови, що максимум наближається до центра електричного навантаження об'єкта, і підтверджується техніко-економічними розрахунками та з архітектурних причин. Потужність силового трансформатора підстанції, що використовується для побудови енергопостачання, вибирається (перевіряється) відповідно до допустимого коефіцієнта перевантаження, який визначається графіком добутку допустимого навантаження трансформатора.

Якість енергії, що надається користувачам, повинна відповідати вимогам щодо частоти, відхилення, симетричності, провалу напруги та інших стандартів. Останнім часом, у зв'язку з появою нелінійних користувачів, відновлювані джерела живлення з перетворювачами енергії приділяли особливу увагу цим показникам. [10]:

- несинусоїдність кривої за напругою, що визначається так:

$$K_{U_i} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)i}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)i}^2}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де  $U$  – діюче значення  $n$ -ї гармоніки напруги за  $i$ -м спостереженням, при цьому, як правило, враховується значення ;

- коефіцієнт  $i$ -ї гармонійної складової за напругою, що визначається так:

$$K_{U(n)i} = \frac{U(n)i}{U(1)} \cdot 100\% = \frac{U(n)i}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Експериментально зазначені коефіцієнти визначаються за формулою

$$K_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N K_{U_i}^2}{N}}; \quad K_{U(n)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N K_{U(n)i}^2}{N}}. \quad (2.3)$$

Нормально і гранично допустимі  $K_u$  за  $U_{\text{ном}}$  наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Нормально та гранично допустимі, %, значення

Нормально допустимі значення $K_{U_i}$ , %		Гранично допустимі $K_{U_i}$ , %	
0,38	6–20	0,38	6–20
8,0	5,0	12,0	8,0

Таблиця 2.2 – Допустимі  $K_{un}$  непарної та парної гармонійної складової

Непарні, не кратні 3-м гармонікам, за $U_{\text{ном}}$ , кВ			Непарні, кратні 3-м гармонікам, за $U_{\text{ном}}$ , кВ			Парні гармоніки, за $U_{\text{ном}}$ , кВ		
$n$	0,38	6–20	$n$	0,38	6–20	$n$	0,38	6–20
5	6,0	4,0	3	5,0	3,0	2	2,0	1,5
7	5,0	3,0	9	1,5	1,0	4	1,0	0,7
11	3,5	2,0	15	0,3	0,3	6	0,5	0,3
13	3,0	2,0	21	0,2	0,2	8	0,5	0,3
17	2,0	1,5	>21	0,2	0,2	10	0,5	0,3
19	1,5	1,0	–	–	–	12	0,2	0,2
23	1,5	1,0	–	–	–	>12	0,2	0,2
>25	0,2+ +32,5/ $n$	0,2+ +20/ $n$	–	–	–	–	–	–

Основними компонентами системи електропостачання є: електростанції, підстанції та розподільні мережі. Ми проаналізуємо кожен компонент на прикладі рисунка 2.1. На електростанції виробляється електроенергія з напругою генератора 10 кВ. Невелику частину енергії використовують електростанції високої та низької напруги, які потрібні самій електростанції. Понижуюча підстанція, встановлена на електростанції, може

зменшити напругу генератора до номінального значення напруги приймача низької напруги. Потрібний високовольтний приймач живиться від напруги генератора. У деяких випадках електрична енергія при напрузі генератора направляється безпосередньо стороннім користувачам поблизу електростанції. Однак після трансформації підвищувальної підстанції більша частина потужності, виробленої електростанцією, буде передана в енергосистему під напругою 110 кВ.

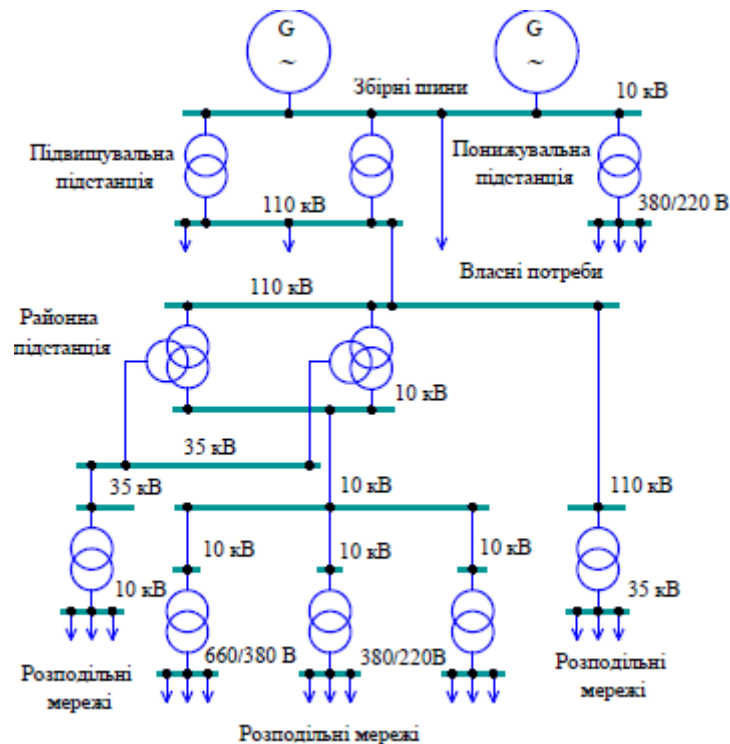


Рисунок 2.1 – Принципова електрична схема виробництва й розподілу електричної енергії

Міська та сільська система електропостачання - це сукупність електричних пристроїв, що використовуються для виробництва, перетворення, передачі та розподілу електроенергії. Основним завданням цієї системи є забезпечення споживачів енергією без перебоїв. Як правило, розподіл електричної енергії в системі відбувається при напрузі 6-10 кВ та 380/220 В.

У міській та сільській системі електропостачання можна визначити такі основні компоненти (рис. 2.1)[8]:

- джерело живлення, функцію якого може виконувати районна підстанція або електростанція, електричну енергію від якої в систему подають на генераторній напрузі 6–10 кВ;

- лінії електропередавання (ЛЕП): повітряні чи кабельні;

- розподільні пункти (РП) – частину електропостачальної системи, призначену для приймання та розподілу електричної енергії на одній напрузі без перетворення;

- трансформаторні підстанції (ТП) – частину електропостачальної системи, призначену для приймання електричної енергії на напрузі 6–10 кВ, зниження до 0,4 кВ і розподілу на цій напрузі серед споживачів.

У міській та сільській системі електропостачання напругою 6-10 кВ використання РП призначене для виконання таких функцій:

- отримувати живлення від джерела живлення через 2-4 лінії електропередач;

- розподілити електричну енергію на одній напрузі через кілька ліній електропередач;

- за допомогою можливості підключення їх до декількох ліній, коли це необхідно, для забезпечення надійного живлення споживачів.

Як правило, РП - це самостійна будівля. Нещодавно застосовується збірна конструкція РП, її компоненти мають невеликі розміри, легкі в транспортуванні, надійні в експлуатації, безпечні в обслуговуванні та дозволяють (якщо потрібно) розширення. РП, як правило, є вузлом мережі електроживлення, в мережі розміщення і підключення всіх компонентів ланцюга живлення від джерела живлення, а також розподіл між різним електрообладнанням без перетворення на одну напругу.

У суворій відповідності з розробленим планом розподілу електроенергії, чинними технічними умовами та правилами, компонування РП здійснюється через електричне обладнання, підключене до системи шин. Обладнання кожної лінії, що наближається і виходить з РП, розміщується в

окремій панелі. Каркас панелі в основному виготовляється з вигнутих металевих профілів, що значно спрощує конструкцію та забезпечує прості та надійні підключення електрообладнання. Міське та сільське електропостачання в сучасній архітектурі на панелях використовуються окремі перегородки з гіпсу або цементно-тирсової суміші.

Оскільки РП є електроустановкою закритого типу, в них використовують малогабаритні силові електричні апарати, а підключення вимірювальних трансформаторів струму й напруги, лічильників і реле контролю таке, що забезпечує їх заміну без переривання роботи.

На рисунку 2.2 показана схема РП з вакуумним вимикачем. РП також має двокомпонентні шини (перша втулка, друга втулка), що постачаються лініями ТЕЦ. Секції шин з'єднані між собою сегментованими вакуумними вимикачами (панелі 10 і 11). Застосування розсувної конструкції вакуумного вимикача може спростити схему РП, не знижуючи надійності її роботи, тому на кожній лінії побудовано набагато менше електричного обладнання: вакуумний вимикач, вимірювальний трансформатор струму та заземлення. Вимірювальний трансформатор напруги розміщений в панелях 8 і 13.

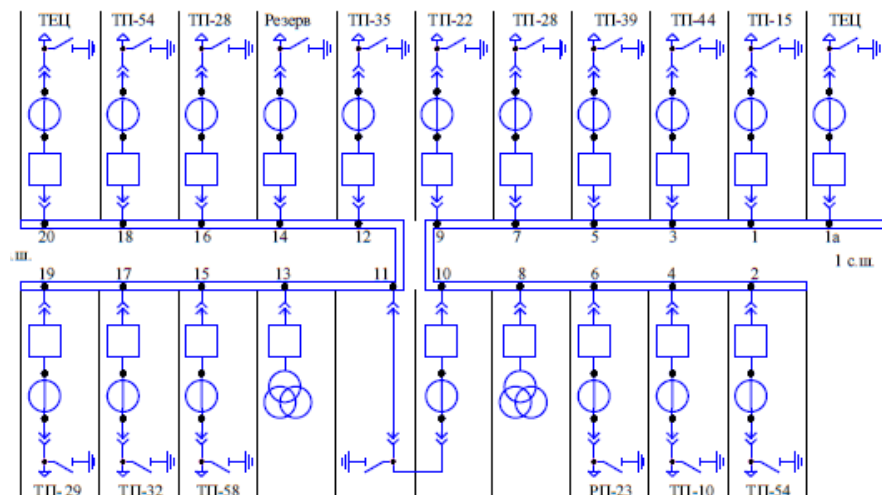


Рисунок 2.2 - Електрична схема РП з вакуумними вимикачами

Електрична мережа напругою до 1 кВ становить внутрішню систему електропостачання промислових підприємств та цивільних будівель.



Внутрішня мережа магазинів та цивільних будівель живиться від підстанцій 6-10 / 0,4-0,23 кВ або ВРУ.

На промислових підприємствах застосування зовнішніх мереж до 1 кВ досить обмежене, оскільки живлення цехового навантаження здійснюється через внутрішні, вбудовані або підключені підстанції. У містах зовнішні електромережі до 1 кВ дуже важливі, оскільки навантаження на цивільні будинки в основному надходять від підстанцій, розташованих в окремих місцях. Крім того, вони також включають мережі зовнішнього освітлення.

Основне призначення мережі до 1 кВ - розподіл електроенергії в магазинах і будинках та безпосереднє живлення приймачів енергії. Ці мережі належать до енергосистем нижчого рівня і мають багато різноманітності та багато інформації. Основна вимога до електромереж з напругою до 1 кВ - це ефективність, надійність, включаючи гнучкість, універсальність та забезпечення споживачів необхідною якістю електроенергії безпека та зручність обслуговування.

Ефективність мережі пояснюється найнижчими базовими витратами (компоненти мережі та їх установкою) та експлуатаційними витратами (обслуговування обслуговуючого персоналу, амортизація, витрати енергії). Через те, що при одній і тій же потужності передачі споживання струмопровідних матеріалів буде швидко зростати, оскільки номінальна напруга мережі зменшується, а втрати потужності, спричинені мережі споживача, дуже великі, тому необхідно напружено працювати, щоб зменшити напругу до 1 кВ довжина електромережі і ближче до вищих напруг до електричного приймача.

Електрична мережа повинна мати на всіх ділянках схеми мінімально можливі довжину, перетин провідників і кількість елементів, не допускати втрат електроенергії більше економічно виправданих, забезпечувати якість переданої електроенергії.

Надійність електромережі залежить від стану складових елементів, схеми мережі та організації її захисту та автоматизації, обслуговування та ремонту. Надійність елементів мережі залежить від їх структури, конструкції та впливу на навколишнє середовище. Конструкція компонентів повинна максимально виключати можливість пошкодження за певних умов навколишнього середовища. Поперечний переріз провідника повинен виключати можливість перегріву та пошкодження, які провідник не може витримати в звичайних та аварійних ситуаціях. Гнучкість та універсальність мережі обумовлена можливістю мінімальних змін під час перерозподілу або збільшення електричних навантажень.

Безпека технічного і ремонтного обслуговування визначається правилами ПТБ і ПТЕ [10].

При проектуванні електромережі слід передбачити: можливість організації технічного обліку споживання електроенергії таким чином, щоб одиницю споживання електроенергії можна було сформулювати відповідно до виробу чи проекту; для монтажу можна використовувати промислові методи, включаючи використання повного обладнання, прокладки кабелів та піддонів, у коробці Прокладка проводів тощо - це спосіб забезпечити найкоротший час монтажу.

Джерелом живлення у внутрішній системі електропостачання магазинів та цивільних будівель є розподільна плата ТР 6-10 / 0,4-0,2, вимикач та (або) кабелі розподільного обладнання та проводів розподільного щита, окреме незалежне велике електрообладнання або Група обладнання, яка отримує енергію, проходить через силову шафу, цвяхи для розподілу електроенергії, освітлювальні панелі та розподільні коробки. Тому основними елементами електромережі є дроти, кабелі, шинні шини та розподільні пристрої.

При укладанні проводів використовуються ізольовані та неізольовані провідники. Ізольовані провідники (дроти та кабелі) захищені та незахищені.

Екрануючий провідник у верхній частині шару електроізоляції має металеву або неметалеву оболонку для захисту ізоляційного шару від механічних пошкоджень. Неізольовані провідники - це голі дроти та шинні шини. Це найпростіший і найдешевший метод відкритого прокладання кабелю за допомогою кабелю, закріпленого на ролику, але він не може забезпечити достатню надійність і не може захистити кабель від механічних пошкоджень. Електропроводка в розділених лотках і коробках краще.

Лотком називається відкрита конструкція, призначена для прокладки на ній проводів і кабелів.

Короб - прямокутна коробка або інша частина вкладеної порожньої конструкції, що використовується для розміщення проводів і кабелів. Упаковка може запобігти механічним пошкодженням. Провід можна прокладати в захисних трубах (сталевих, вінілових, поліетиленових, гумових асфальтових) для забезпечення надійного захисту та запобігання механічних пошкоджень. Перевага віддається пластиковій трубі, оскільки вона дешева. Металеві труби слід використовувати в потенційно вибухонебезпечному середовищі. Коли пошкоджений дріт потрібно замінити, прокладка в трубопроводі спричинить експлуатаційні незручності. Не рекомендується використовувати в трубопроводі дроти перетином більше 120 мм<sup>2</sup> в умовах волочіння.

Тип підземної проводки в трубопроводі, здійснюється з виходом трубопроводу до колони, кожна колонка з'єднана з набором електричних приймачів. Кабелі та дроти використовуються разом для внутрішньої електромережі. Кабелі можна прокладати на стінах, колонах, конструкції (на лотках, ящиках, зброї), трубах, кабельних каналах. У стінах і перекриттях кабелі прокладаються через кронштейни.

У спеціальному кабельному жолобі споруджується жолоб із залізобетону або цегли та покривається залізобетонною плитою або рифленою сталеву плитою. Якщо кількість кабелів невелика, щоб

захистити їх від механічних пошкоджень, їх можна помістити в труби або покрити канальним залізом або кутовим залізом. Слід зазначити, що умови охолодження погіршуються. Кабелі в основному постачаються великими електроприймачами, розподільними щитами та силовими шафами.

## **2.2 Системи гарантованого електропостачання об'єктів цивільного призначення**

Системи гарантованого електропостачання (СГЕ) застосовуються у випадках наявності в об'єктах цивільного призначення електроприймачів критичної групи (ЕКГ) таких, як локальні обчислювальні мережі (ЛОМ), системи передачі цінної інформації та електронної пошти, які не допускають перерви в електропостачанні на час більше 20 мс, що пов'язане із втратою особливо важливої електронної інформації з реальною та потенційною небезпекою для життя людини, значного пошкодження майна, цінного обладнання та ін. [11].

Призначення СГЕ полягає в тому, щоб забезпечити ЕКГ високоякісним живленням протягом періоду відновлення ЕКГ у разі аварійного відключення електроенергії основного централізованого джерела живлення або перевищення параметрів допустимого діапазону. СГЕ використовує джерело безперебійного живлення (ДБЖ) як джерело живлення, яке можна поєднувати з відновлюваною енергією. Структурна схема одного ДБЖ показана на рисунку 2.3. ДБЖ живиться від батареї постійного струму та інвертора



Рисунок 2.3 – Структурна схема агрегату безперервного живлення

Функція контролера полягає в тому, щоб вчасно перемкнути ланцюг від централізованого джерела живлення ЕКГ акумулятора, і його потужність змусить його нормально працювати під час запуску та переходу на дизельну електростанцію (ДЕС), акумулятор або інше джерело живлення.

### **2.3 Методи підвищення ефективності систем електропостачання об'єктів цивільного призначення**

Енергетична ефективність - це сукупність характеристик, які відображають ставлення корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів до витрат енергетичних ресурсів, виробленим з метою отримання такого ефекту. Основним критерієм оцінки ефективності функціонування і розвитку СЕП об'єктів цивільного призначення, в тому числі заходів щодо зниження втрат електричної енергії (ЕЕ), є надійне і економічне забезпечення споживачів ЕЕ необхідної якості [1].

Клас енергетичної ефективності - характеристика продукції, яка відображає її енергетичну ефективність [19].

Прямі інвестиції в енергоефективність промислових підприємств справді є економічно ефективним заходом. Як відомо, термін окупності інвестицій в енергоефективність різниться залежно від типу проекту, але зазвичай він становить від 0,5 до 6 років, що є хорошим показником у порівнянні з традиційними інвестиціями. Це не дивно, адже із зростанням цін на енергоносії та заощадженням, завдяки інвестиціям, термін окупності фінансів скорочується. Як правило, дохідність внутрішніх інвестицій від проектів енергозбереження вища за процентну ставку за позикою. Це означає, що будь-який додатковий кредит, який отримує компанія, повинен мати певний вплив на фінансові показники компанії, а кінцевий фінансовий ефект від інвестиції є позитивним [12].

Для того щоб усунути втрати ЕЕ, потрібно зробити пошук джерел і причин їх виникнення. Висока частка втрат в СЕП об'єктів цивільного

призначення виникає в основному через експлуатацію застарілого і зношеного обладнання, стан якого вимагає термінового ремонту, а також через відсутність впровадження контрольних автоматизованих систем стеження і регулювання витрат електроспоживання і невідповідності сучасним вимогам стандартів обліку.

Істотні технологічні втрати ЕЕ в СЕП, як правило, викликані наступними причинами:

- незадовільним станом діючих електричних мереж через зниження обсягів капітальних ремонтів, реконструкції та заміни технічно застарілого і зношеного обладнання;

- вимушеною роботою елементів СЕП в неоптимальних режимах при підвищеному електроспоживанні в години максимальних навантажень;

- експлуатацією трансформаторів з низьким коефіцієнтом завантаження;

- наявністю значних перетоків реактивної потужності в електричних мережах, які можуть призвести не тільки до збільшення втрат електроенергії, а й до зниження їх пропускної здатності, збільшення втрат напруги;

- наявністю на об'єктах цивільного призначення навантажень, які викликають несинусоїдальність і несиметрію фаз при відсутності заходів по їх усуненню. Перекіс фаз викликає несиметрію струмів, які, в свою чергу, викликають несиметрію напруг і робить негативний вплив на роботу всіх електроприймачів. Негативні наслідки: пошкодження, відмови, збільшення зносу, зменшення періоду експлуатації, прискорене старіння ізоляції електрообладнання, збільшення енергоспоживання [20];

- нераціональними режимами роботи основного електрообладнання;

- застарілими схемами живильних і розподільчих мереж;

- стабільної нерівномірності добових графіків навантажень;

- істотними відхиленнями показників якості електроенергії ПКЕЕ від нормованих;

- зростанням числа нелінійних і різкозмінних електроприймачів [9].

Розглянемо методи, які найбільш практичні і економічно раціональні

для підвищення ефективності СЕП об'єктів цивільного призначення.

1. Модернізація і реконструкція діючих СЕП об'єктів цивільного призначення, розподільчих схем живлення трансформаторних підстанцій (ТП) і електроустановок.

Це здійснюється шляхом заміни застарілого електрообладнання на нове з вищим ККД і ступенем надійності, впровадження енергозберігаючих технологій. Такий метод є найпоширенішим [12].

2. Вирівнювання нерівномірних добових графіків електричних навантажень.

Цей метод дозволяє істотно зменшити піковий максимум навантаження, що призводить до зниження втрат і економії електричної енергії в мережі, так як на виробництві можуть використовувати одночасно сталеплавильні печі різного роду, прокатні стани, зварювальні установки і т.д. Наприклад якщо підприємство працює в дві зміни (ранкова і вечірня), то можна ввести третю - нічну, за рахунок якої розвантажити «пік» освітлювального навантаження другої зміни, тим самим заповнивши нічний провал добового графіка споживання. Введення інтервалу між робочими змінами в період різковираженого максимуму навантаження енергосистеми також вирішує проблему енергозбереження.

Для забезпечення стабільної роботи об'єктів цивільного призначення необхідно проектувати графіки обмеження споживання потужності електроенергії при перервах електроспоживання на підставі даних про питомі ущерб, комплексних схем технологічного процесу і системи електропостачання [13].

Недоліки цього методу призводять до порушення нормальних режимів роботи та погіршення умов роботи робітників.

3. Енергоефективна експлуатація трансформаторів підстанцій. Втрати в трансформаторах бувають двох типів - втрати в обмотках і втрати в осерді. Втрати в обмотках безпосередньо мають зв'язок з опором мідних обмоток і виділенням тепла, величина цих втрат пропорційна квадрату струму і складає 1 - 3% номінальної потужності при 100% завантаження трансформатора.

На трансформаторних підстанціях є надлишок встановлених потужностей, внаслідок чого середнє значення завантаження відносно низьке. Цей надлишок потужностей необхідний для забезпечення надійної та безперебійної роботи трансформаторів в аварійній ситуації, при виході з ладу одного з них. Методи оптимізації пишуться для всіх ТП, згідно з оцінками оптимізація завантаження можлива в 25% випадків.

В реальних умовах середнє значення коефіцієнта завантаження завжди менше 100%, а максимальний ККД трансформатора, незалежно від потужності, досягається при його завантаженні в середньому на рівні 45 - 75% від номінальної завантаження. Такий метод дозволяє визначити оптимальні варіанти підвищення ефективності для трансформаторної підстанції:

- якщо загальне навантаження нижче 40 - 50% номінальної потужності ТП, то в якості запобіжного енергозбереження логічно підвищити енергоефективність підстанції за рахунок відключення одного або декількох трансформаторів, довівши значення коефіцієнта завантаження до оптимальної величини;

- якщо загальне навантаження перевищує 75% номінальної потужності ТП, то для досягнення максимального ККД трансформаторів необхідно встановити додаткові потужності;

- якщо трансформатори вичерпали свій ресурс в ході експлуатації і необхідна модернізація застарілих ТП, доцільно їх замінити на трансформатори зі зниженим рівнем втрат, що дозволяє знизити втрати на 20 - 60% [10].



#### 4. Встановлення компенсуючих пристроїв.

Навантаження на цивільні об'єкти, як правило, активні, ємнісні та індуктивні, залежно від типу електрообладнання. Реактивна потужність матиме негативний вплив на внутрішню електромережу, створюючи тим самим електромагнітні поля в електричному обладнанні. Реактивний струм знизить якість енергії. Компенсаційне обладнання призначене для компенсації ємнісних або індуктивних компонентів змінного струму. Застосовується для компенсації реактивної потужності у вузлах енергосистеми та компенсації реактивних параметрів лінії. Встановлення компенсації реактивної потужності (УКРМ) на стандартному рівні коефіцієнта потужності трифазної розподільчої мережі забезпечує збільшення та обслуговування. Основним завданням УКРМ є накопичення реактивної потужності в конденсаторах.

Конденсатори використовуються в обладнанні УКРМ для забезпечення надійності та довговічності. У конденсаторному блоці УКРМ є спеціальний тиристорний високошвидкісний пускач. Ці перемикаються фазні конденсатори з раннім запуском (активовані при зміні  $\cos\phi$ ) можуть продовжити безвідмовний час роботи. Беручи до уваги несинусоїдальний характер, згідно з існуючим методом розрахунку компенсаційного пристрою за формулою (1), компенсаційний конденсатор  $C$  можна визначити за потужністю гармонік струму навантаження та реактивної складової середньозваженої напруги:

$$C = \frac{\sum_{v=1}^{\infty} v \times U_v \times I_v \times \sin \phi_v}{\omega \sum_{U=1}^{\infty} v^2 U_v^2} = \frac{Q_{P.T.}}{\omega \times U_{CB}^2}, \quad (2.4)$$

-де  $Q, U$  – потужність реактивних складових вищих гармонік струмів навантаження і середня напруга.

Використання тиристорного регулювання компенсуючих пристроїв (КУ) виробляє плавне і безперервне регулювання ємності компенсуючого пристрою по заданому закону регулювання [18].

#### 5. Усунення перекосу фазних напруг.

Зазвичай у випадку асиметрії напруги в трифазній мережі виникає додаткова пульсуюча потужність з подвійною частотою. Існування цього типу джерела живлення зменшить виробниче навантаження мережі та електрообладнання, тим самим знизивши його ефективність.

Всі методи балансування спрямовані на компенсацію пульсуючої потужності для зменшення симетричних складових нульової послідовності та зворотної послідовності. Існує рівновага між внутрішнім і зовнішнім. Внутрішньою рівновагою асиметричне (однофазне) навантаження розподіляється, як можна рівномірно, між фазами, щоб мінімізувати асиметрію. Більше того, цей метод потрібно застосовувати для зменшення асиметрії тягових навантажень залізниці. Вкрай рідко можна досягти повної симетрії методом внутрішнього балансу, оскільки загальне навантаження взагалі залишається асиметричним і безперервним протягом доби, коли навантаження змінюється на кожному етапі. [14].

При зовнішньому можна штучно збалансувати, використовуючи різні пристрої, підключені до трифазної мережі, так що трифазне джерело живлення і загальний струм у мережі утворюють пряму послідовну систему. Зовнішній баланс є загальним у виробництві:

1. Застосування багатофазної схеми випрямляча (наприклад, схеми Ларіонова); недоліком живлення приймача постійного струму є те, що ВГ буде генеруватися під час випрямлення.

2. Баланс за допомогою фазового еквалайзера - синхронна машина створює систему балансування ЕРС в зворотному порядку, недоліком є складність конструкції еквалайзера;

3. Використовуйте функцію балансу (AD) трифазного асинхронного двигуна; недоліком є те, що артеріальний тиск повинен нести велике навантаження, інакше він може вийти з ладу через перегрів.

Несиметрія напруги призводить до нагріву трансформаторів і, отже, скороченню терміну його служби. Наприклад, при номінальному навантаженні трансформатора і  $K_{2U} = 10\%$  термін служби ізоляції трансформатора скорочується на 16%. Струми, обумовлені напругою нульової послідовності  $U_0$ , створюють в сталі трансформаторів струм нульової послідовності  $I_0$ , який не виконує ніякої корисної роботи, але забезпечує додатковий нагрів стали. Це також знижує здатність навантаження трансформаторів [13].

6. Облік показників якості електроенергії (ПЯЕ) при аналізі режимів СЕП.

Загальна електромережа включає трифазні та однофазні мережі змінного струму частотою 50 Гц, енергосистеми та електростанції. Стандарт якості електроенергії - це рівень електромагнітної сумісності (ЕМС) провідних електромагнітних перешкод загалом EPS. Відповідно до цих специфікацій надається ЕМС для загальної електромережі EPS та електромережі споживача. Стандарт не встановлює вимог щодо якості електроенергії у виділених мережах електропостачання (наприклад, контактна мережа, мережі зв'язку), автономних системах електропостачання (бурові установки, поїзди). Він також не встановлює правил РНР щодо режимів, спричинених непередбачуваними обставинами (погодні умови, стихійні лиха тощо), та щодо ліквідації наслідків непередбачених обставин. Специфікації АЕС повинні містити технічні умови для підключення споживачів та забезпечення енергопостачання

Для забезпечення стандартних специфікацій у загальних точках підключення споживачі, які погіршують якість електроенергії, можуть сформулювати більш строгі технічні умови щодо технічних умов та

контрактів на постачання енергії, ніж ті, що вказані в стандарті (допустимий діапазон значень ПКЕ менший).

Норми ПКЕ, що належать споживачам енергії, регулюються стандартами та іншими нормативними документами і не повинні бути нижчими за специфікації, встановлені загальним пунктом приєднання в ДСТУ 13109-97. Специфікації цього стандарту застосовуються до проектування та експлуатації електромереж, а також при встановленні рівнів ЕМС між електромережами та пристроями, що живляться. Встановлено два типи специфікацій ПЯЄ: нормально допустиме значення (НДЗ) та гранично допустиме значення (ГДЗ). Імовірність неприпустимого відхилення напруги при впровадженні  $U(t)$  може бути визначена за такою формулою:

$$P_{НД} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{нpi}}{T}, \quad (2.5)$$

Якість електроенергії - одне з ключових понять енергопостачання. Зниження показників якості електроенергії негативно позначається на електрообладнанні:

- збільшені втрати енергії в мережі;
- двигуни та обертові машини перегріваються, що призводить до прискореного старіння ізоляції і може спричинити аварії через однофазне коротке замикання та перехід до багатofазного короткого замикання;
- збільшити споживання ЕЕ та потужність, необхідну для обладнання;
- автоматичний пристрій релейного захисту має несправності та неправильну роботу;
- електронна та комп'ютерна нестабільність;
- лічильник працює неправильно. ЕЕ має різні типи показників.

Частина ПЯЄ описує бар'єри, пов'язані з особливостями технологій виробництва, передачі, розподілу та споживання енергії. Такі ПЯЄ

включають відхилення напруги та частоти, асиметрію та коливання напруги, а також відхилення від синусоїдальної форми кривої напруги. Система обліку ПЯЄ забезпечує стандартизовані вимірювання ПЯЄ, обробляє результати вимірювань, збирає дані та систематизує їх. Вони також контролюють створення звітів та надають аналітичну інформацію, і на цій основі розробляють заходи щодо вдосконалення ядерної енергетики [15].

7. Усунення вищих гармонік СЕП і використання відповідних фільтрів. Джерелом вищих гармонік (ВГ) можуть бути:

а) Силове електронне обладнання: перетворювач постійного струму з функцією регулювання частоти, джерело безперебійного живлення, випрямляч, обладнання для плавного пуску двигуна, імпульсний ПП, індукційна піч з тиристорним управлінням та диференціальний напівпровідник;

б) Дугове обладнання: електродугова піч, зварювальне обладнання, ртутні та флуоресцентні лампи;

в) Обладнання, що працює в режимі насичення: двигуни, генератори, трансформатори та реактори.

Наявність вищих гармонік у СЕП може спричинити такі побічні ефекти:

- важко компенсувати реактивну потужність через конденсатори;
- екстра втрати в двигунах, трансформаторах та мережах;
- зменшити термін служби ізоляції електромобілів та обладнання;
- погіршення стану автоматики, релейного захисту, електромеханіки та зв'язку;
- поява значної додаткової похибки лічильників електроенергії та інших вимірювальних приладів.

Основними формами впливу ВГ на СЕП є:

- збільшення гармонічного струму та напруги за рахунок паралельного та безперервного резонансу;

- зменшити процес виробництва, передачі та використання електроенергії;
- ізоляція електрообладнання старіє і зменшується завдяки терміну його служби.

Наявність конденсаторної мережі, що використовується для компенсації реактивної потужності, може спричинити місцевий резонанс, що в свою чергу спричиняє надмірне збільшення сили струму в конденсаторі та його несправність. Слід зазначити, що за відсутності резонансу наявність вищих гармонік на кривій напруги призводить до збільшення втрат конденсатора з наступних причин.

Ємнісний опір конденсатора  $x$  для  $n$ -й ВГ

$$x_{(n)} = \frac{1}{n\omega C} = \frac{1}{n} x_{(1)}, \quad (2.6)$$

Втрати в конденсаторі при відсутності ВГ наближено рівні

$$\Delta P = I_{ном}^2 r = \left[ \frac{U_{ном}}{x_{(1)}} \right]^2 r, \quad (2.7)$$

Збільшення втрат електроенергії на нагрів конденсаторів при наявності ВГ по відношенню до номінального режиму без них

$$\Delta P = \frac{\Delta P - \Delta P_{НС}}{\Delta P} = \sum_{n=2}^N n \left[ \frac{U_{(n)}}{U_{ном}} \right]^2. \quad (2.8)$$

Основним методом зменшення вищих гармонік напруги та струму в СЕП є використання потужних силових фільтрів. Фільтр може бути виїмчастого типу, може бути налаштований на частоту (коли амплітуда гармоніки значно перевищує амплітуду інших ВГ, при резонансному явищі, він також може бути фільтром смугових частот низьких частот (НЧЧ).

8. Використання силових кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену. Кабельні лінії мають чимало переваг в порівнянні з повітряними лініями

(ВЛ). Це менші габарити, безпечніше і надійніше. Кабелі з просоченою паперовою ізоляцією часто пошкоджуються, застаріли і прийшли в непридатність. Таку проблему могло вирішити суттєва зміна устрою кабелю, тим самим прийшовши до виготовлення кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену. Кабелі з СПЕ ізоляцією виключають багато недоліків, характерними для кабелів з паперовою ізоляцією, особливо їх застосування вирішує багато проблем щодо надійності електропостачання.

Підприємства, які виготовляють кабелі СПЕ, використовують технології зшивання або вулканізації безпосередньо в середовищі нейтрального газу під високим тиском і температурою. Такий метод вулканізації забезпечує рівномірне зшивання по всій товщині ізоляції і відсутність повітряних включень. Поперечні зв'язки, які утворюються в процесі зшивання між молекулами поліетилену, в основному і визначають характеристики нового матеріалу. Кабелі СПЕ мають високі механічні, діелектричні властивості і більший температурний робочий діапазон на відміну від інших кабельних ізоляційних матеріалів.

9. Розміщення обладнання, що вимагає значної потужності, ближче до джерела живильної високовольтної лінії.

Цей метод доцільний з огляду на омічних втрат потужності мережі живлення, які (при заданій потужності) тим вище, чим нижче напруга.

10. Впровадження активно-адаптивних і нейронних мереж з метою управління постачанням електроенергії.

Управління споживанням електроенергії (УСЕ) включає в себе такі заходи:

- планувати оптимальне споживання електроенергії;
- планувати і проводити оперативний ремонт силових установок;
- змінювати режими навантаження;
- мати повний контроль над втратами електроенергії
- компенсувати реактивну потужність.

Класичні мережі Smart Grid в електроенергетиці володіють наступними характеристиками:

- здатність керувати роботою споживачів;
- самостійне відновлення після збоїв;
- захищеність від фізичного і кібернетичного зовнішнього втручання;
- забезпечення електропостачання необхідної якості;
- синхронна робота генеруючих джерел і центрів зберігання електроенергії;
- здатність істотно підвищувати ефективність роботи енергосистеми в цілому. Концепція Smart Grid передбачає поєднання релейного захисту з інформаційно-вимірювальними функціями. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту вимірюють струми і напругу в векторній формі, накопичують дані про спрацьовування і аварійні режими в спеціальних блоках пам'яті. Таким чином, релейний захист перетворюється в подібний центр обробки інформації, елемент системи діагностики і моніторингу електрообладнання.

#### **2.4 Метод графічного визначення розрахункового електричного навантаження об'єктів цивільного призначення**

Для всіх країн існує нагальна потреба вирішити проблему збалансування графіка навантаження, тим самим зменшивши актуальність розрахункового навантаження з точки зору енергетичного, економічного та екологічного впливу, оскільки ці країни мають суттєво нерівномірне споживання електроенергії протягом дня та відсутність шунтуючої генерації електроенергії. Кошти, необхідні для здійснення заходів щодо збалансування плану навантаження, значно менші, ніж витрати на введення в експлуатацію нових енергоблоків. [16].



Прогностичне оцінювання ефекту зрівнювання графіка електричного навантаження розглядається на прикладі реальних даних електроспоживання об'єктів міста Ірпінь, яке характеризується провалом у нічні години (рисунок 2.4)

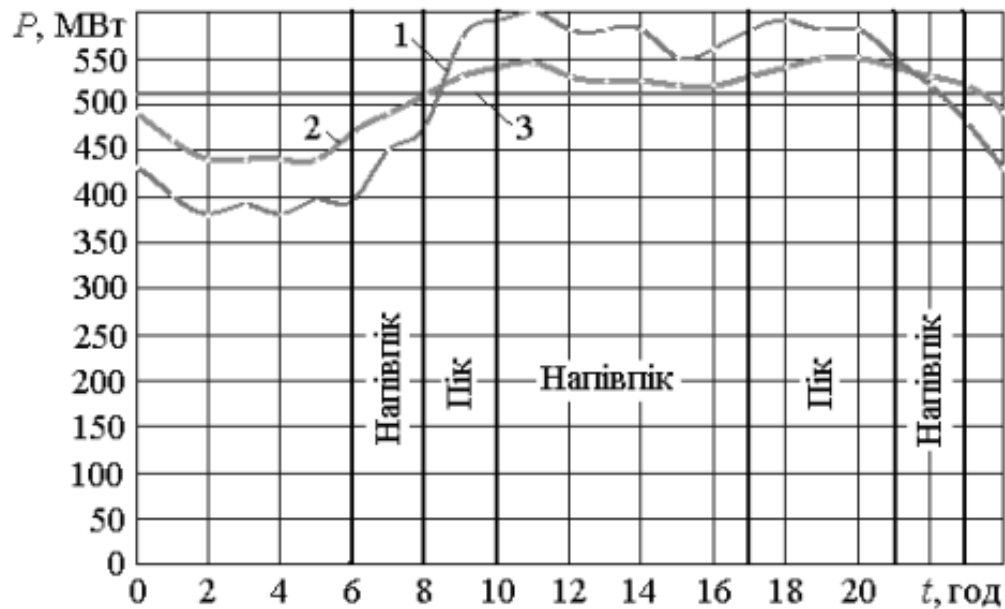


Рисунок 2.4 – Графіки навантаження міської мережі за зимову режимну добу:  
1 – реальний; 2 – цільовий за зрівнюванням; 3 – ідеальний

Коефіцієнт нерівномірності добового графіка електричного навантаження визначається за формулою

$$\alpha = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} \quad (2.9)$$

Зменшення споживання енергії в електромережі за допомогою балансу цільового плану навантаження, визначеного за формулою [17]:

$$\Delta W = \Delta W_n \left(1 - \frac{k_{\phi 2}^2}{k_{\phi 1}^2}\right) \quad (2.10)$$

Таблиця 2.3 – Характеристика основних споживачів міста

Найменування споживачів	Значення максимуму відносно максимуму енергосистеми, %	
	Ранковий	Вечірній
1 Промисловість	19,5	10,6
2 Чорна металургія	1,7	1,9
3 Кольорова промисловість	1,5	1,3
4 Хімічна та нафтохімічна промисловість	0,6	0,5
5 Машинобудування і металооброблення	9,1	4,6
6 Лісова, деревообробна промисловість	0,3	0,2
7 Промисловість будівельних матеріалів	1,0	0,9
8 Скляна та порцелянова промисловість	0,1	0,1
9 Легка промисловість	1,1	0,9
10 Харчова промисловість	3,2	2,9
11 Інші промислові виробництва	2,1	1,9
12 Сільгоспспоживачі	0,1	0,1
13 Транспорт	3,0	2,9
14 Будівництво	1,0	1,0
15 Комунальне господарство	6,7	4,5
16 Світло, побут, невиробничі споживачі	48,8	61,0

Коефіцієнт форми графіка визначається за відомою формулою

$$k_{\phi} = \frac{1}{P_{\text{сеп}}} \sqrt{\frac{\sum_i p_i^2 t_i}{T}} \quad (2.11)$$

Беручи до уваги нерівномірність плану енергетичного навантаження, споживання палива теплових електростанцій можна визначити за такою формулою:

$$\Delta G = \frac{P_{\min} T_{\max} q_0}{\alpha} \quad (2.12)$$

## 2.5 Дослідження системи забезпечення електроенергією ЖК «Синергія 3»

Житловий комплекс «Синергія 3» знаходиться за адресою вул. Мечникова 118,м. Ірпінь, Київської області, 07415 . Площа I етапу будівництва охоплює

3,981 Га. Дата початку будівництва 2015р. Середньотемпературна температура в січні-5 ° С, середня температура липня + 19 ° С, максимальна температура влітку 34-37 ° С, максимальна температура взимку 21-25 ° С. Щороку буває близько 25 гроз. Основними споживачами є квартири. Планується підключення користувачів до енергосистеми 0,22 / 0,4 кВ із захисними та резервними системами, тому вона не має рівня припинення інших інженерних та транспортних інженерних мереж. Підраховано, що в житлових будинках ВРП-0,4 кВ, РЩ-0,4 кВ, ЩК-0,4 кВ та ЩП-0,4 кВ буде встановлено електрообладнання 0,4 кВ. Місце проживання не належить до місця, де небезпечні речовини, біологічні продукти та інші об'єкти, які насправді можуть становити загрозу аварій, можуть бути використані або використані, або виготовлені, перероблені, зберігаються чи транспортуються [15].

ВРП-0,4кВ, РЩ-0,4В, ЩК-0,22кВ, ЩП-0,4кВ житлового будинку відсутні будь які чинники, що можуть привести до появи сторонніх осіб поблизу струмопровідних частин електрообладнання.



Рисунок 2.5 - План розміщення об'єктів на території комплексу

Дослідження балансу допоможуть визначити різні рівні споживання електроенергії, визначити споживачів та сфери споживання, які можуть використовувати відновлювану енергію, та зрозуміти особливості цього використання енергії. Ми почнемо з аналізу завантаження спільних квартир.

У центрі уваги цього розкладу - часовий період до відкриття будинку (липень 2017 р. - жовтень 2017 р.), Тобто період часу від відкриття будинку (жовтень 2017 р.) До травня 2018 р. - час поступового переселення мешканців будинку . Споживання електроенергії нерівномірне протягом року, оскільки взимку та восени тривалість світлового дня стає все коротшою і коротшою, і більше часу використовується для освітлення.

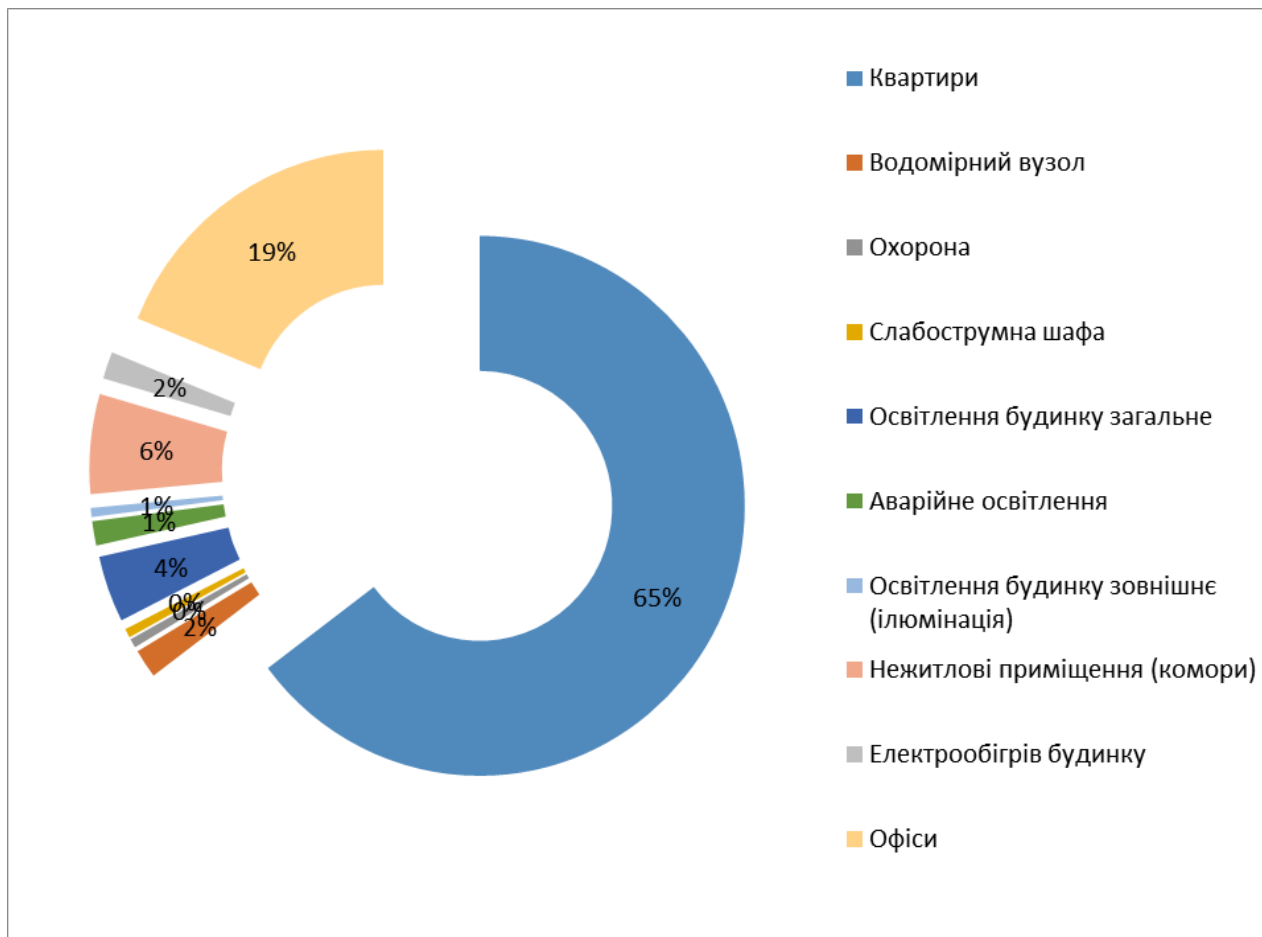


Рисунок 2.6 - Розподіл витрат е/е споживачами будинку №4, кВт

Завдяки аналізу діаграми, ми будемо обирати квартири та офіси в якості основного електрообладнання. Споживання електроенергії відповідає щоденному плану споживання електроенергії ЄЕС, і протягом року не було знайдено значних змін. Камера зберігання має невелику місткість та низьку завантаженість. Аварійне світло виготовлене із спеціального світильника марки REL-601LED (3.7V2AH) 60 LED 4 Вт і не може нормально працювати. Конвекційний пристрій є відносно потужним користувачем для електричного опалення, але до його складу входить декілька користувачів, які в основному працюють взимку.

Таблиця 2.4 – Показники споживання електричної енергії будинком №4,  
кВт.год

	2017	2018	2019
	кВт· год	кВт· год	кВт· год
Січень	-	20478	28394
Лютий	-	22131	22478
Березень	-	23541	27131
Квітень	-	24289	21541
Травень	-	26739	26289
Червень	-	27421	28739
Липень	16131	26203	23421
Серпень	19259,3	25736	24203
Вересень	17761,7	27483	25735
Жовтень	19863,46	27967	27483
Листопад	19484,54	28421	27967
Грудень	21164	29102	28421

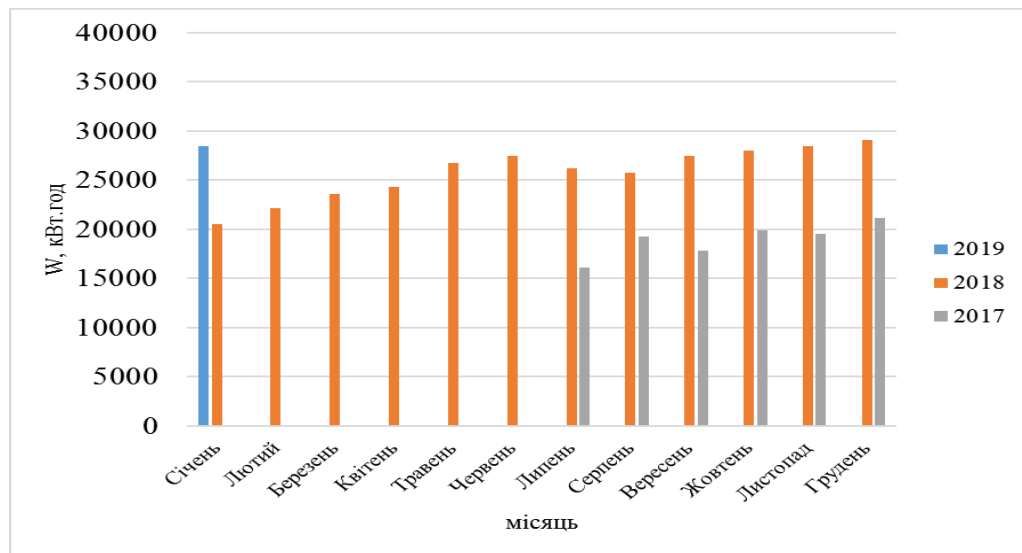


Рисунок 2.7 – Графік споживання електричної енергії будинком №4, кВт.год

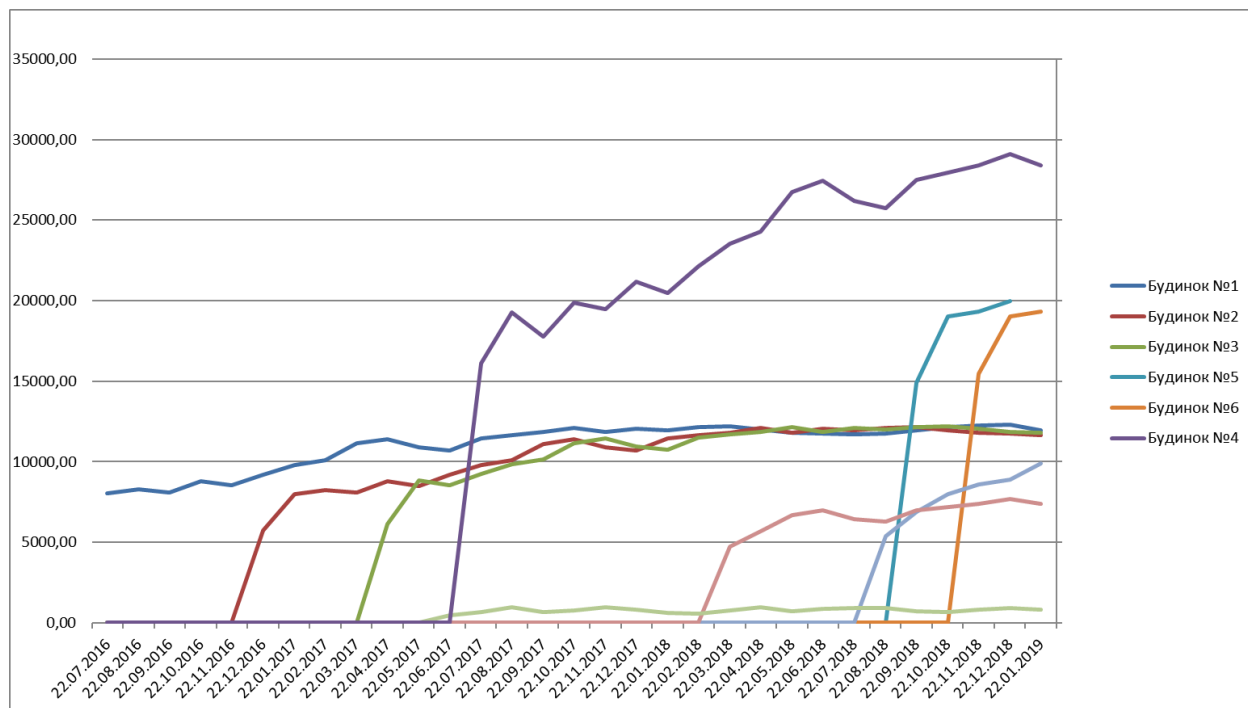


Рисунок 2.8 – Графік споживання електричної енергії будинками комплексу, кВт.год

З графіку видно, що період "окупації" мешканцями житла призвів до поступового збільшення споживання електроенергії, яке наближається до встановленої величини. Особливо через тривалість дня, спостерігаються деякі незначні зміни взимку та влітку протягом року.

## Висновки:

Традиційна система електропостачання для цивільних об'єктів - це найпоширеніша і найнадійніша система електропостачання, яка зазвичай забезпечує якісну енергію, але вона має багато недоліків. Техногенні впливи на навколишнє середовище та інші аспекти порівняно з новими технологіями виробництва енергії .

Перспективним є використання методу максимального використання відновлюваної енергії та методу мінімального використання централізованої енергії автономно або паралельно. У той же час існує багато перешкод для масштабного впровадження їх у цивільні джерела енергії, головна перешкода - висока вартість та генерація гармонік високого порядку .

Автономна сонячна енергія, гібридні електростанції, вітрові турбіни привабливі завдяки своїй простій конструкції та експлуатації, але перетворення потужності постійного струму в промислову частоту змінного струму буде супроводжуватися вищою гармонікою, що негативно вплине на електромагнітну сумісність СЕП .



### 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Дослідження здійснювалося на прикладі енергоспоживання житлового комплексу «Синергія 3», який складається з 9 будинків п, що містять по 120 квартир з газовими плитами (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Загальний вид комплексу ЖК Синергія 3

Таблиця 3.1 – Відомості про площі об'єктів електрифікації комплексу

Обєкти ЖК	Житлові приміщення,, $\text{м}^2$	Нежитлові приміщення		Технічні приміщення,, $\text{м}^2$	$\Sigma$ заг, $\text{м}^2$
		Офі, <sup>3</sup> , $\text{м}^2$	Комори,, $\text{м}^2$		
1	2	3	4	5	6
Будинок №1 (120 квартир)	5488	211	453	54	6206

Продовження таблиці 3.1

Будинок №2 (120 квартир)	5428	150	350	29	5957
Будинок №3	5488	211	453	54	6206
Будинок №4 (120 квартир)	5488	211	453	54	6206
Будинок №5 (100 квартир)	5479	240	429	54	6202
Будинок №6 (120 квартир)	5488	211	453	54	6206
Будинок №7 (120 квартир)	5488	211	453	54	6206
Будинок №8 (92 квартир)	1948	48	389	18	2403
Будинок №9 (120 квартир)	5488	211	453	54	6206
$\Sigma$	<b>45783</b>	<b>1704</b>	<b>3433</b>	<b>425</b>	<b>51798</b>

### 3.1 Визначення електричного навантаження об'єктів цивільного призначення за чинними нормативними документами

Взагалі кажучи, електричне навантаження - це величина, яка характеризує енергоспоживання окремого ЕП або всього об'єкта [21]. Розрахункове електричне навантаження є найвищим значенням його середнього значення за певний проміжок часу, і воно має таке визначення:

- електричне навантаження, розраховане при піковій температурі, є постійним тимчасовим навантаженням. Коли температура перевищує температуру навколишнього середовища, це призведе до максимального

перегріву провідника, що збігається з електричним навантаженням, яке змінюється з часом;

- розраховане електричне навантаження на тепловий знос ізолятора - постійне навантаження, яке змінюється з часом. Як і при змінному навантаженні, втрати ізоляції в провіднику однакові;

- електричне навантаження, розраховане за цим графіком, є максимальним збільшенням навантаження, коли температура досягає пікового значення ізолятора або теплового зносу. Як відомо, передбачуване енергетичне навантаження становить, як правило, не більше півгодини, що є максимальним навантаженням у будь-якій точці мережі (наприклад, при вході в будинок, будинок або цивільний об'єкт) за середнього півгодинного навантаження.

Електричні навантаження будинків бувають випадковими і різними, оскільки вони залежать від потужності, кількості, режиму роботи побутової техніки, ЕП, і дуже різняться протягом дня, кожного дня тижня та кожного сезону. Це збільшує кількість будівель, підключених до мережевого вхідного блоку (МВ) (вхідне розподільне обладнання (ВРП)), в результаті чого через розрахованого максимального невідповідності часу питоме електричне навантаження (будинок) зменшується.

Житло - це квартира в житловому будинку або квартира-студія в гуртожитку, призначена для приватних осіб чи сімей. Чинні норми передбачають використання факторів попиту, питомих навантажень на одиницю площі, кВт / м<sup>2</sup> або кількість будинків (котеджів), кВт / будинків (котеджів) або на одиницю виміру, кВт / місце розташування, кВт / на студента, кВт / Вони задаються шаром, який чекає з метою попереднього визначення навантаження об'єктом, а потім з використанням коефіцієнта участі. Ці навантаження мають найбільшу різницю для того, щоб вибрати елемент мережі від користувача до джерела живлення. Такі стандарти визначають такі параметри: середнє максимальне значення, стандартне

відхилення максимального значення і середнє значення, середня похибка кінцевого результату значно завищена і вимагає уточнення на всіх рівнях EPS (від кінцевого споживача до джерела живлення). [22].

Відповідно до чинних нормативних документів житла (квартири) щодо оснащеності побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяються на окремі види [22]:

- 1-й – житла (квартири) в будинках масового будівництва, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від 35 до 95 м<sup>2</sup> включно та заявленою (встановленою) потужністю ЕП до 30 кВт включно;

- 2-й – житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від 50 до 300 м<sup>2</sup> включно та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності ЕП від 30 до 60 кВт включно;

- 3-й – житла в котеджах, житлових будинках, споруджених чи споруджуваних із розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від 150 до 600 м<sup>2</sup> включно та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленої потужності електроприймачів від 60 до 140 кВт включно.

У свою чергу, для жител 1-го виду (квартир у багато та малоквартирних будинках, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств) встановлюються такі рівні електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження[23]:

- житла (квартири) з плитами на природному газі;
- житла з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі;
- житла з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт включно;
- житла з електричними плитами потужністю включно до 10,5 кВт;
- будиночки на ділянках садівничих товариств.

При цьому для жител 2-го виду встановлюються такі рівні електрифікації та нормативні розрахункові питомі навантаження [23]:

- житла з плитами на природному газі;
- житла з електричними плитами потужністю включно до 10,5 кВт

. У таблиці 3.1 наведено норматив питомого електричного навантаження, який враховує використання побутових кондиціонерів в житловому приміщенні та комфортний електричний попередній нагрів, який базується на 7-15% загальної потреби в теплі та 60-120 Вт / м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.1 – Питомі розрахункові електричні навантаження жител 1-го та 2-го видів [23]

Споживачі електроенергії	Значення питомого навантаження, кВт/житло, за кількості жител														
	1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
<b>Житла 1-го виду</b>															
1-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на природному газі	5,0	3,85	3,23	2,72	2,36	2,10	1,91	1,65	1,31	1,14	1,00	0,87	0,74	0,66	0,60
2-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі	6,5	5,01	4,20	3,53	3,07	2,73	2,48	2,15	1,70	1,48	1,30	1,12	0,96	0,86	0,78
3-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 8,5 кВт включно	10,0	8,19	5,56	4,44	3,76	3,33	3,05	2,72	2,35	2,10	1,73	1,38	1,31	1,19	1,10
4-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт включно	12,0	9,83	6,67	5,33	4,51	3,99	3,66	3,26	2,82	2,52	2,08	1,65	1,58	1,43	1,32
5-го рівня електрифікації – в будиночках на ділянках садових товариств	3,5	2,84	1,91	1,47	1,22	1,07	0,96	0,83	0,66	0,58	0,52	0,48	0,47	0,46	0,41
<b>Житла 2-го виду</b>															
1-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на природному газі	9,0	6,33	5,29	4,36	3,72	3,26	2,94	2,51	2,00	1,78	1,62	1,47	1,24	1,08	0,99
2-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт включно	16,0	13,5	8,34	6,41	5,39	4,77	4,36	3,83	3,18	2,83	2,51	2,16	1,88	1,77	1,76

Проектне навантаження мережі колективного освітлення житлових будинків (сходових клітин, холів, технічних поверхів, підвалів, горищ) та житлових гуртожитків слід визначати розрахунками освітлення, а коефіцієнт попиту Крор дорівнює 1.

Що стосується побутової техніки та їх проектних навантажень, квартири поділяються на дві категорії, великі будинки (квартири) загальною площею від 35м<sup>2</sup> до 95м<sup>2</sup> (включно), а потужність електричного приймача найвища, 30 кВт [23].

Спрощено для введення ліній електропередач житлових будинків, розрахункове навантаження групи будинків з однаковим питомим

електричним навантаженням, напруга на шині становить 0,4 кВ, визначається за такою формулою:

$$P_{жн} = P_{жп} \cdot N \quad (3.1)$$

де РжП - конкретне розрахункове електричне навантаження резиденції (квартири), вибране на основі визнаного рівня електрифікації та кількості квартир, підключених до лінії зв'язку (кВт / будинок) [ДБН В.2.5-23:2013 табл. 3.1];

N – кількість будинків (квартир), підключених до вводу, лінія ТР.

### 3.1.1 Розрахунок електричного навантаження на загальні будинки та входи в будівлі

Визначається навантаження Ірпінського будинку Мечникова 117. Будинок має 2 під'їзди, 10 поверхів та 120 квартир.

$$P_{жб} = p_{нит} \cdot n_{кв} + 0,9 \cdot P_{л} \text{ кВт},$$

$$P_{жб} = 0,96 \cdot 120 + 0,9 \cdot 9,6 = 123,84 \text{ кВт},$$

Знаходимо реактивне навантаження житла:

$$Q_{жб} = n_{кв} \cdot p_{нит} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{кв} + 0,9 \cdot P_{л} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{л} \text{ квар.}$$

$$Q_{жб} = 120 \cdot 0,96 \cdot 0,29 + 0,9 \cdot 9,6 \cdot 1,17 = 43,52 \text{ квар.}$$

де Qжб – реактивне навантаження житла;

$\operatorname{tg} \varphi_{кв}$  – вибираємо за табл 6 [23]. Знаходимо повне навантаження житла.:

$$S_{жб} = \sqrt{P_{жб}^2 + Q_{жб}^2} = \sqrt{123,84^2 + 43,52^2} = 131,26 \text{ кВА.}$$

Розраховане навантаження на електроенергію для загального освітлення будинку можна розрахувати за такою формулою:

$$P_{осв.р} = P_{осв.в} \cdot N_n \cdot k_{попос.р}$$

де  $P_{осв.в}=0,9$  кВт – встановлена потужність робочого освітлення на під'їзд для 10-и поверхового будинку

$N_p$  – кількість під'їздів;

$K_{\text{попос.р}}$  – коефіцієнт попиту для робочого освітлення, таблиця 5 [23]

$$P_{\text{осв.р}} = 0,9 \cdot 2 \cdot 0,8 = 1,44 \text{ кВт}$$

Знаходимо реактивне електричне навантаження освітлення:

$$Q_{\text{осв.р}} = P_{\text{осв.р}} \cdot \text{tg} \varphi = 1,44 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВар}$$

де  $Q_{\text{жб}}$  – реактивне навантаження житла;

$\text{tg} \varphi_{\text{кв}}$  – вибираємо за табл 6 [23].

Знаходимо повне навантаження житла:

$$S_{\text{осв.р}} = \sqrt{P_{\text{осв.р}}^2 + Q_{\text{осв.р}}^2} = \sqrt{1,44^2 + 1,44^2} = 2,04 \text{ кВА}.$$

Визначаємо розрахункове активне навантаження житлового будинку в цілому:

$$P_{\text{буд.жс}} = P_{\text{жс}} \cdot k_{\text{уп}} + P_{\text{осв.р}} = 123,84 \cdot 0,9 + 1,44 = 112,89 \text{ кВт}$$

де  $k_{\text{уп}} = 0,9$  - коефіцієнт участі в максимум навантаження квартир і силових електроприймачів житлового будинку навантажень вбудованих і прибудованих приміщень.

Визначаємо реактивне навантаження житлового будинку:

$$Q_{\text{жб}} = n_{\text{кв}} \cdot p_{\text{нит}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{кв}} + 0,9 \cdot P_{\text{л}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{л}} + P_{\text{осв}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{осв}} \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{жб}} = 120 \cdot 0,96 \cdot 0,29 + 0,9 \cdot 9,6 \cdot 1,17 + 1,44 \cdot 1 = 44,96 \text{ квар.}$$

Визначаємо повне навантаження житлового будинку:

$$S_{\text{буд.жс}} = \sqrt{P_{\text{буд.жс}}^2 + Q_{\text{буд.жс}}^2} = \sqrt{112,89^2 + 44,96^2} = 121,51 \text{ кВА}.$$

Таблиця 3.2 – Навантаження будинків ЖК Синергія 3

		Житлові будинки										
	N <sub>кв</sub>	р <sub>пит.кв</sub>	пл	рл	кп.л	tg <sub>кв</sub>	T <sub>гл</sub>	P л	Q л	P <sub>жб</sub>	Q <sub>жб</sub>	S
1	120,00	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26
2	120,00	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26
3	120,00	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26
4	120,00	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26
5	100,00	0,97	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	105,64	38,24	112,35
6	120	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26
7	120	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26
8	98	0,99	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	105,66	38,24	112,37
9	120	0,96	2,00	6,00	0,80	0,29	1,17	9,60	11,23	123,84	43,52	131,26

### 3.1.2 Прогнозування споживання електроенергії об'єктами цивільного призначення

Прогнозування споживання електроенергії житловими та громадськими будівлями є важливим етапом проектування, оскільки воно забезпечує основу довгострокового планування розвитку житлових районів у міській системі електропостачання. Відповідно до нормативних актів, коли користувачі та організації, що передають електроенергію, повинні брати на себе експлуатаційні обов'язки, вони повинні обов'язково встановлювати електrolічильники, і їх рекомендується поєднувати в ASKOE.

Ефективне використання електроенергії в житлових та громадських будівлях є головним пріоритетом, тому необхідно порівнювати технічно та економічно різні рішення під час реконструкції та проектування та вибирати енергозберігаючі рішення для енергопостачання, щоб забезпечити надійність електропостачання.

Для використання сучасного електрообладнання, проводів та кабелів необхідно обґрунтовано вибирати економічний переріз кабельної лінії та її захисних пристроїв, закривати відкрите розташування мережі, виконувати



балансування навантажень поетапно та застосовувати метод щоденного середньодобового планування навантаження.

Завжди переходьте на двозонні та тризонні рахунки за електроенергію, щоб сприяти широкому використанню енергозберігаючих освітлювальних приладів та відновлюваних джерел енергії, щоб поступово замінювати традиційні джерела енергії, які використовують відпрацьоване викопне паливо та забруднюють та забруднюють навколишнє середовище. Виберіть метод прогнозування на основі відомих вихідних даних, наприклад, визначте очікуване річне споживання електроенергії на об'єкті за формулою [24]

$$W_{a.pіч} = P_p T_{макс.а}, \quad (3.2)$$

$$W_{p.pіч} = Q_p T_{макс.р}, \quad (3.3)$$

де  $W_a$ ,  $W_p$  - річне споживання активної і реактивної енергії об'єкта відповідно;

$$W_{a.pіч} = 123,84 \cdot 20541,2 = 2543822,2 \text{ кВт}$$

$$W_{p.pіч} = 43,52 \cdot 20541,2 = 893953,02 \text{ кВар}$$

Максимальна кількість годин користування може бути визначена за такою емпіричною формулою, залежно від кількості квартир, підключених до даної точки мережі  $N$  [24]

$$T_{макс.ел} = \frac{2300\sqrt{N}}{0,4\sqrt{N} + 4,3}, \quad (3.4)$$

Де  $T_{макс.ел}$ , – кількість годин використання максимального електричного навантаження квартири в будинку, обладнаному газовою або електричною плитою.

$$T_{макс.ел} = \frac{750\sqrt{120}}{0,4\sqrt{120} + 4,3} = 20541,21$$

$$W_{a,річ} = k_{з.г} P_{р} T_{a,річ} = P_{сер,річ} T_{a,річ}, \quad (3.4)$$

де  $k_{з.г}$ —коефіцієнт заповнення добового графіка, який визначається співвідношенням середньорічного до максимального (розрахункового) електричного навантаження (для літнього графіка навантаження житлових будинків із газовими плитами він приймається 0,4, для зимового – 0,5, із електричними плитами – 0,45 і 0,55 відповідно, при цьому умовно приймається тривалість зимового періоду 183, літнього – 182 доби) [10];

$T_{a,річ}$  - річна кількість годин споживання активної електроенергії

$P_{сер,річ}$  – середньорічне активне навантаження об'єктів

$$W_a = 0,45 \cdot 123,84 \cdot 8760 = 488177,28 \text{ кВт}$$

Показники питомого споживання електроенергії  $p_{пит}$ , кВт·год / рік, на мешканця в комунально-побутовому секторі міста та річна кількість годин використання максимуму  $T_{макс}$  електричного навантаження наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Узагальнені показники питомого споживання електроенергії на мешканця в комунально-побутовому секторі

З газовими плитами		Зі стаціонарними електроплитами	
$p_{пит}$ , кВт·год/рік	$T_{макс}$ , год	$p_{пит}$ , кВт·год/рік	$T_{макс}$ , год
2730	2500	3310	5750

Слід зазначити, що показники, наведені в таблиці, враховують енергоспоживання наступних об'єктів:

- житлові та громадські будівлі (адміністративні, освітні, наукові, медичні, комерційні, розважальні, спортивні тощо);
- зовнішнього освітлення;
- комунальних підприємств (у тому числі водоканалізаційного управління та управлінь міського електро та автотранспорту);

– об'єкти громадського транспорту (гараж, приміщення для зберігання автомобілів).

Наведене значення не враховує використання повного електричного опалення та електричного підігріву гарячої води в житлових будинках.

### **3.2 Метод графічного визначення розрахункового електричного навантаження громадських будинків**

Як приклад, визначається розрахункова потужність кафе, яке знаходиться на першому поверсі четвертого будинку

Визначається установлена потужність силових ЕП кафе за формулою

$$P_{уст.сил} = \sum_{i=1}^n P_{уст.сил.i}$$

$$P_{уст.сил} = 139,6 \text{ кВт}$$

Відсоток від загальної встановленої потужності ЕП потужності кафе теплоенергетичного обладнання визначається наступним чином:

$$P_{уст.т/с} = \frac{P_{уст.т}}{P_{уст.сил}} \cdot 100\%.$$

$$P_{уст.т/с} = (54,1/139,6)100\%=38,75$$

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики електрообладнання кафе

Найменування обладнання	Кількість	Установлена потужність одного ЕП, кВт	Підсумкова потужність, кВт
Електроплита 6-конфоркова	2	22,6	45,2
Картоплечистка	2	4,5	9
М'ясорубка	3	1,5	4,5
Холодильна шафа	3	0,7	2,1
Холодильна вітрина	3	0,8	2,4
Хліборізка	3	0,3	0,9
Вентиляційна установка	5	4	20
Каоварка	1	4,6	4,6
Кип'ятильник	4	10	40
Вітрина гарячих напоїв	3	0,5	1,5
Мікрохвильова піч	3	2,4	7,2
Електрорушник	1	2,2	2,2

Визначається ефективна кількість ЕП

$$n_e = \frac{(2 \cdot 139,6)}{22,6} = 12,35.$$

Визначається розрахунковий коефіцієнт попиту силових ЕП, який приймається 0,65 [9].

Визначається розрахункове навантаження силових ЕП за формулою

$$P_{p.сил} = P_{уст.сил} \cdot k_{п.сил}$$

де  $K_{п}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту для силових ЕП кафе..

$$P_{p.сил} = 139,6 \cdot 0,65 = 90,76 \text{ кВт},$$

$$P_{росв} = 32 \cdot 0,75 = 24 \text{ кВт},$$

$$P_{PO/C} = \frac{24}{90,76} \cdot 100\% = 26,4 \text{ кВт},$$

Оскільки цей відсоток перевищує 20%, остаточне розрахункове навантаження на джерело живлення та освітлення визначається коефіцієнтом попиту, який дорівнює 0,9 [9].

Кінцеве навантаження кафе визначається виходячи з коефіцієнта невідповідності максимальної потужності та світлового навантаження

$$P_{\text{кафе}} = k_{\text{н.м}} (P_{\text{р.сил}} + P_{\text{р.ос}})$$

$$P_{\text{кафе}} = 0,9 \cdot (90,76 + 24) = 103,28 \text{ кВт},$$

За даними ASKOE, розрахункове навантаження кафе складає 58,3 кВт, що вдвічі перевищує навантаження, передбачене нормами.

### 3.3 Метод графічного визначення електричного навантаження систем гарантованого електропостачання

Наприклад, для визначення розрахункового електричного навантаження на виході ДБЖ це створить 9 робочих місць та 1 сервер. Розрахунок електричних навантажень систем гарантованого електропостачання виконується згідно з додатком Б.

$$P_{\text{АБЖр}} = P_{\text{вст.р.м}} k_{\text{п.р.м}} N_{\text{р.м}} + P_{\text{вст.сер}} k_{\text{п.сер}} N_{\text{сер}},$$

де  $P_{\text{вст.р.м}}$  – встановлена потужність робочого місця ЛОМ, кВт;

Згідно формули

$$P_{\text{АБЖр}} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 9 + 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 2,65 \text{ кВт}$$

Розрахуємо активну вхідну потужність АБЖ:

$$P_{\text{АБЖвх}} = \frac{S_{\text{АБЖ}} \cos \varphi_{\text{вх}}}{\eta \sqrt{1 + THD^2}},$$

$$P_{\text{АБЖвх}} = \frac{2,65}{0,92 \cdot \sqrt{1 + 0,025^2}} = 2,738 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{АБЖн}} \geq P_{\text{АБЖвх}}$$

Обрали модель MV-4000 номінальною потужністю 2,8 кВт, згідно даних, що наведені в таблиці 3.4 [25]

Таблиця 3.4 - Основні технічні характеристики АБЖ серії Master-Vision

Модель	MV-1000	MV-2000	MV-3000	MV-4000	MV-6000	MV-8000	MV-10000
Вихідна потужність, кВт·А/кВт	1/0,7	2/1,4	3/2,1	4/2,8	6/4,2	8/5,6	10/7
Вихідний коефіцієнт потужності, в.о.	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
ККД, %	92	92	92	92	92	93	93

Для того, щоб визначити потужність, необхідну електростанції, що використовується з ДБЖ, слід враховувати вплив струмів гармонік на тепловий режим роботи генератора. Загальна формула має такий вигляд (вам потрібно вибрати максимальне значення з наведеної формули, щоб визначити внесок струму вищої гармоніки або наступну формулу) [26]:

$$P_{\text{ДЕС.АБЖ}} = \max \left\{ \frac{100}{q} \left( \frac{P_{\text{АБЖ}}}{\eta} + P_{\text{а.б}} \right), k_{\text{дп}} \left( \frac{P_{\text{АБЖ}}}{\eta} + P_{\text{а.б}} \right) \right\},$$

де  $q$  - допустиме миттєве навантаження,%, визначене згідно з документацією заводського виробника ДЕС або ДСТУ 10511;

$P$  - потужність (кВт), що споживається для зарядки акумулятора ДБЖ, визначається документацією виробника ДБЖ, або:

$$P_{\text{а.б}} = 0,25 \frac{P_{\text{АБЖ}}}{\eta};$$

$$P_{\text{а.б}} = 0,25 \frac{2,738}{0,92} = 0,74 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{ДЕСр1}} = \frac{100}{120} \left( \frac{2,65}{0,92} \right) + 0,74 = 1,77 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{ДЕСр2}} = 0,74 \left( \frac{2,65}{0,92} \right) + 0,74 = 1,89 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{ДЕСр1}} \leq P_{\text{ДЕСр2}}$$

Обираємо дизельний генератор з таблиці 3.5 [27]:

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики ДЕС F.G. Wilson серії «Perkins 400» [27]

Модель	Вихідна потужність, кВт	Вихідна потужність, кВт	Витрата палива, л/год	Частота обертання, об/хв
<i>PH10E2S</i>	10	10	3,7	1500
<i>PH13E2S</i>	13	13	4,5	1500
<i>PH14E2S</i>	14	14	4,3	1500
<i>PH15E2S</i>	15	15	5,1	1500
<i>PH16.5E2S</i>	16,5	16,5	5,8	1500
<i>PH17.5E2S</i>	17,5	17,5	7	3000
<i>PH24E2S</i>	24	24	8,0	3000
<i>PH28E2S</i>	28	28	10,1	3000

Обираємо ДЕС потужністю 10 кВт PH10E2S

Згідно з динамічними змінами електричного навантаження на ЕКГ, розрахункове активне навантаження ЛВС становить близько 1,35 кВт, що вдвічі менше зазначеного в стандарті.

### **3.4 Метод графічного за сплайнами визначення розрахункового електричного навантаження об'єктів цивільного призначення**

Максимальне значення півгодини (рівне математичному сподіванню максимального середнього навантаження через 30-хвилинний інтервал) використовується як розрахункове електричне навантаження будинку, і воно підводиться до входу в квартиру, стояк та житловий будинок. [9]

Для прикладу розглянемо графік активного завантаження холодильника. Виберіть середнє електричне навантаження за 30 хвилин. (0,5 год), його значення є максимальним значенням за 5 годин роботи (рисунок 3.2, 3.3).

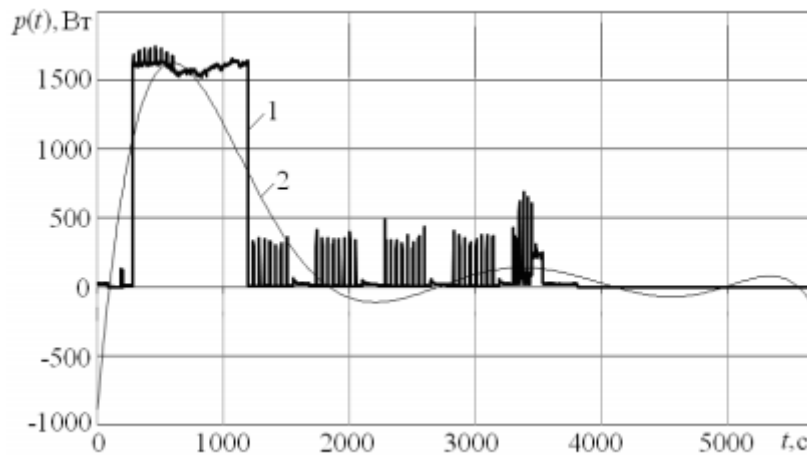


Рисунок 3.2 - Динаміки активної потужності за певний цикл роботи холодильника Samsung RB34N5440B1

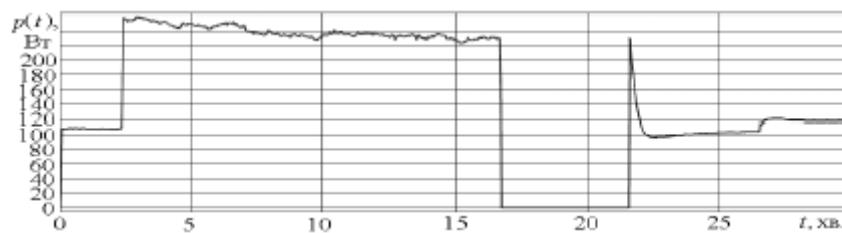


Рисунок 3.3 – Динаміка активного навантаження холодильника Samsung RB34N5440B1

Загалом, розрахункове активне навантаження визначається параметрами графіка як [28]:

$$p_p = \frac{\int_t^{t+0,5} p(t) dt}{0,5} \rightarrow \text{макс.}$$

Розраховане реактивне навантаження визначається за формулою

$$q_p = p_p \operatorname{tg} \gamma$$

Розрахункове повне електричне навантаження визначається так:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$



Значення розрахункового струму визначається так:

$$I_p = \frac{S_p}{U_{ном}}$$

Середнє значення активного навантаження за час роботи  $T$ :

$$P_{ср} = \frac{\int_0^T p(t) dt}{T}.$$

Графіки електричного навантаження основних побутових ЕП наведено в Додатку В.

Середній коефіцієнт потужності холодильника протягом цього періоду роботи становить приблизно  $\cos\varphi = 0,977$ .

$$P_{р.х} = \frac{\int_0^{30} p(t) dt}{30} = 140 \text{ Вт}$$

Визначається величина розрахункової реактивної потужності холодильника

$$q_p = 140 \cdot 0,217 = 30,38 \text{ вар}$$

Визначається величина розрахункової повної потужності холодильника

$$S_p = \sqrt{140^2 + 30,38^2} = 143,24 \text{ ВА}$$

Визначається розрахунковий струм холодильника

$$I_p = \frac{143,24}{220} = 0,65 \text{ А}$$

Наприклад, середнє значення ефективного електричного навантаження кожного ЕП та остаточне середнє електричне навантаження будинку газовою плитою визначаються параметрами графіка в Додатку Б та вихідними даними в Таблиці 3.6 [9].

Таблиця 3.6 – Вихідні та розрахункові дані щодо електричного навантаження

Вихідні дані			Розрахункові дані	
Найменування	Тип, марка	$P_{уст},$ Вт	$P_p,$ Вт	$P_{сер},$ Вт
Холодильник	Samsung	135	140	63
Бойлер	Thermex	1450	1340	1340
Телевізор	LG	60	55	55
Пральна машина	LG	2000	920	510
Праска	Tefal	1800	610	405
Освітлення	ЛР	6×60	294	294
Комп'ютер	Настільний	65	50	50
Кондиціонер	Sensei	880	630	610
Електрочайник (3 хв.)	TEFAL	2000	89	89
Мікрохвильова піч (7 хв.)	LG	650	102	102
Всього		9100	4230	3518

Розрахункове (півгодинний максимум) навантаження для житла визначається за формулою

$$P_{p.\Sigma} = \sum_1^i p_{pi}.$$

Визначається підсумкове розрахункове (півгодинний максимум) навантаження всіх ЕП, яке приведене до вводу житла, дані якого наведені в таблиці 3.6

$$P_{p.\Sigma} = \sum_1^{11} p_{pi} = 4230 \text{ Вт.}$$

Визначається підсумкове середнє розрахункове навантаження всіх ЕП

$$P_{сер.\Sigma} = \sum_1^{11} p_{серi} = 3518 \text{ Вт.}$$

Таблиця 3.7 – Вихідні та розрахункові дані щодо електричного навантаження житла

Найменування ЕП	Час ввімкнення ЕП, год, хв.	Час вимкнення ЕП, год, хв.
Освітлення, ЛР (60 Вт)	17.00	–
Холодильник	17.10	–
ПК настільний	17.18	–
Пральна машина	17.20	18.40
Телевізор	17.26	–
Кондиціонер	17.58	–
Електрочайник (1 л)	18.10	18.12
Праска	18.14	18.25
Мікрохвильова піч	18.30	18.35
Бойлер	18.35	19.25
Пральна машина	19.30	20.50
Електрочайник	20.40	20.42
Мікрохвильова піч	20.55	20.59
Праска	21.5	21.15

Максимальне навантаження, розраховане за графічним визначенням, становить приблизно 3,6 кВт-3,0 кВт (відповідно до стандарту 5 кВт). Середній коефіцієнт потужності за 3 години 15 хвилин становить близько 0,97.

#### **3.4.1 Метод графічного за сплайнами визначення розрахункового електричного навантаження 120 квартирному будинку**

Отримано тижневий графік завантаження типового будинку із 120 будинків, побудованих згідно з ASKOE (рис. 3.4).

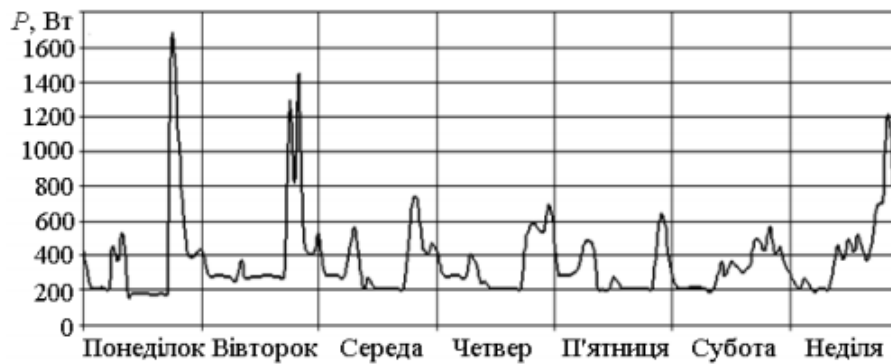


Рисунок 3.4 – Результат обробки інформації АСКОЕ щодо електричного навантаження житла за тиждень

Відповідно до діаграми на рисунку 3.4, розраховане електричне навантаження не перевищує 1,8 кВт. Згідно з нормативами, навантаження становить 5 кВт, що майже втричі перевищує фактичне навантаження [9].

На рисунку 3.5 показано фактичний графік середнього електричного навантаження житла для електрифікованих будинків першого рівня електрифікованих будинків категорії 1, побудованих відповідно до сплайнів АСКОЕ та інструкцій із 120 квартирами.

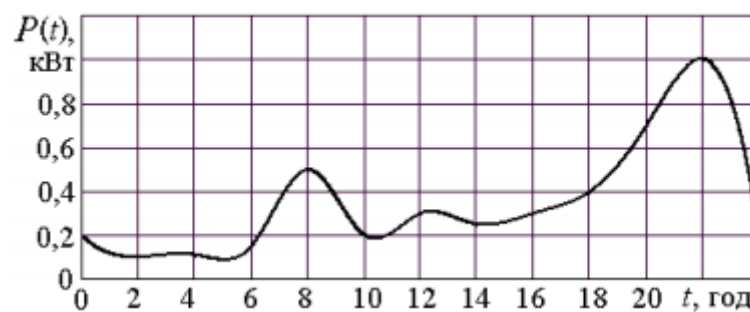


Рисунок 3.5 - Щоденний план навантаження для електрифікованих першокласних будинків першого рівня, побудованих відповідно до інструкцій АСКОЕ 25.04.2019

Розрахункове активне електричне навантаження цього житла

$$P_p = \frac{\int_t^{(t+0,5)} P(t) dt}{0,5} \rightarrow \text{макс.}$$

Коефіцієнти плану електричного навантаження для заповнення цього корпусу визначаються наступним чином:

$$K_{з.г} = \frac{\int_0^{24} P(t)dt}{24P_p}.$$

Кількість активної електричної енергії, що споживається будинком ЕП за добу, визначається за такою формулою

$$W_a = \int_0^{24} P(t)dt.$$

Середньодобове навантаження житла визначається наступним чином:

$$P_{сер} = \frac{\int_0^{24} P(t)dt}{24}.$$

Наприклад, розрахована активність будинку та середньодобове значення енергетичного навантаження відповідають коефіцієнту графіку. Згідно з параметрами графіка, добове споживання енергії будинку показано на рисунку 3.5.

$$P_p = \frac{\int_0^{21,30} P(t)dt}{0,5} = 0,945 \text{ Вт.}$$

Визначається коефіцієнт заповнення графіка за формулою

$$K_{з.г} = \frac{8,353}{24 \cdot 0,945} = 0,368$$

Визначається добова кількість споживаної ЕП житла електроенергії за формулою

$$W_a = \int_0^{24} P(t)dt = 8,353 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Визначається середньодобове активне навантаження житла

$$P_{\text{сеп}} = \frac{8,353}{24} = 0,348 \text{ кВт}$$

Отже, реальне розрахункове електричне навантаження жител будинку, в три рази менше чим отримано аналітичним шляхом за нормативами.

### **3.5 Формування ефективної системи електропостачання об'єктів цивільного призначення за рахунок встановлення сонячних батарей**

Встановлення сонячних батарей виконується на даху 10-ти поверхівки. Власник однієї квартири орендує дах багатоповерхівки. Багатоповерхівка входить до складу ЖК Синергія 3, що знаходиться в місті Ірпінь.

Вартість сонячної енергії разом з вартістю акумуляторів стрімко знижується, що сприяє широкому застосуванню таких комплексів у промисловості та індивідуальними споживачами. За досягнення мережевого паритету вартість цієї електроенергії стане нижчою від енергії з традиційних невідновлювальних джерел [29].

Енергія, яку виробляє фотоелектричний модуль, залежить від коефіцієнта інсоляції, який визначається напрямком модуля та кутом нахилу даху, тому наступним кроком є визначення кута нахилу даху:

$$\sin \alpha = \frac{B}{\sqrt{B^2 + \frac{A^2}{4}}} = \frac{2,5}{\sqrt{6,25 + \frac{36}{4}}} = 0,67 \quad \alpha = 44,41^\circ$$

Знаючи кут нахилу покрівлі та орієнтацію точки X даху, за допомогою Рисунок 3.6, визначмо з якої сторони покрівлі доцільніше буде розташувати фотоелектричні модулі.

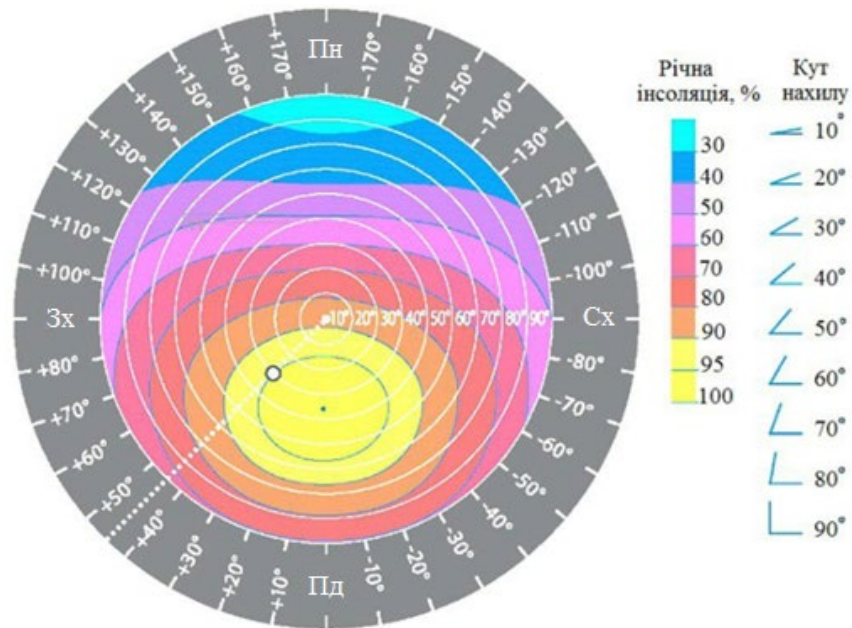


Рисунок 3.6 - Вплив орієнтації кута нахилу на відносні обсяги утилізації сонячної енергії.

Для того, щоб приблизно розрахувати кількість фотоелектричних модулів, розміщених на даху будинку, використовуйте один із стандартних розмірів фотоелектричних панелей: 1956х992х40 мм

Тоді покрівля будинку матиме наступний вигляд:

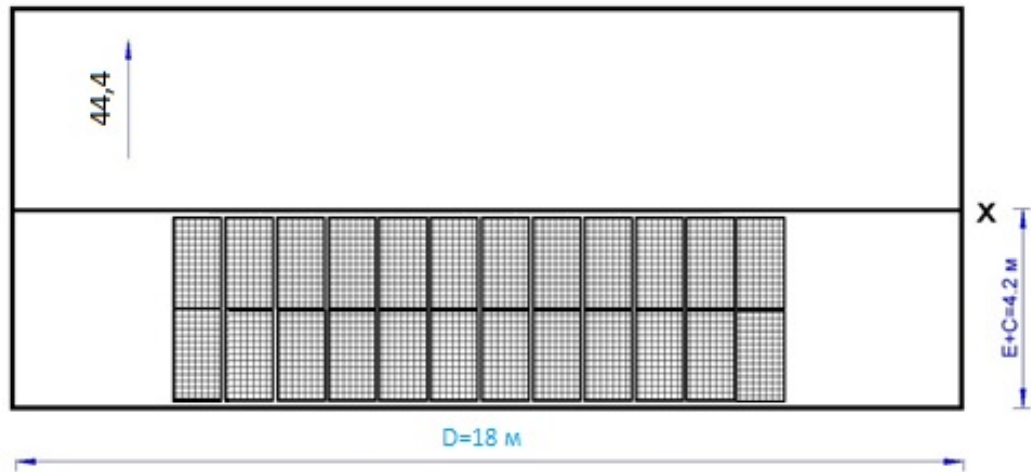


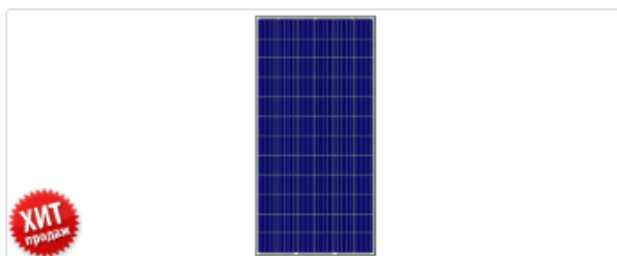
Рисунок 3.7 - План розташування фотоелектричних модулів.

З Рисунку 3.7 , можемо побачити, що кількість модулів, які розміщені на Пд. стороні – 24 штуки.

Наступним кроком визначимо, якою має бути потужність однієї панелі, щоб задовольнялася умова проектування (встановлена потужність 8 кВт).

$$\frac{8 \text{ кВт}}{24 \text{ шт}} = 333, (3) \text{ Вт} - \text{ідеальний варіант.}$$

## Сонячна панель Amerisolar AS-6P30 330 5BB



Виробник: [Amerisolar](#)  
Артикул: 104815

Наявність: **Є в наявності**

**3 415.0 Грн**

Кількість



[Found cheaper?](#)



[Технічний паспорт Amerisolar AS-6P30 330 5BB](#)

717.61 Kb [Просмотр](#) [Скачать](#)

Опис

Характеристики



### 3.5.1 Вибір типу інвертора та моделювання варіантів інформаційного забезпечення

Інвертор - перетворює постійний струм в змінний однофазний або багатофазний перетворювач струму, генератор змінного струму. Зазвичай генератор періодичної напруги, його форма в основному близька до синусоїди або дискретного сигналу. Інвертор напруги можна використовувати як самостійний пристрій, або як частину джерела живлення та системи, що забезпечує безперебійне живлення пристрою змінним струмом. Якщо інвертор передає енергію від мережі постійного струму до мережі змінного струму (його частота та напруга були встановлені іншими генераторами), він називається веденим (веденим) [30].

Для даного об'єкта обираємо наступний інвертор[31]:

Порівняємо декілька інверторів, які теоретично зможуть пройти перевірку на відповідність та визначимо оптимальний варіант.

Таблиця 3.8 - Варіанти інверторів.

Назва інвертора	Перевірка на відповідність	Ціна (грн)	Номінальна потужність (кВт)
Мережевий інвертор Victor Energy Quattro 8000 Вт	Пройшов	166774	8
Інвертор Victron Energy Quattro 48/8000/110-100/100	Пройшов	119808	6,5

Хоча мережевий інвертор Victron Energy Quattro 48/8000 / 110-100 / 100 відповідає нашим умовам і дешевший за мережевий інвертор Victor Energy Quattro 8000 Вт, враховуючи, що номінальна потужність даної ділянки становить 8 кВт ( Це більше, ніж номінальна потужність інвертора) і кількість панелей, яка може збільшитися в майбутньому. Я зрозумів, що

різниця в ціні становить лише 10%. Нарешті, з міркувань надійності, я вирішив вибрати мережевий інвертор Victor Energy Quattro 8000W.

Перевірка інвертора на відповідність

Перевіряємо інвертор за наступними показниками.

- 1) У паралельних лініях повинна бути однакова кількість панелей.

$$12 \text{ шт} = 12 \text{ шт}$$

- 2) Кількість панелей в лінії не повинно перевищувати максимально допустимої кількості  $N_{\max}$ :

$$N_{\text{панелей в лінії}} < N_{\max}$$

$$N_{\max} = \frac{U_{\max}}{U_{\text{хх пан}}} = \frac{1000}{45,56} = 22 \text{ шт}$$

Отже обираємо  $N_{\max} = 22 \text{ шт}$ .

Тоді:

$$12 \text{ шт} < 22 \text{ шт}$$

- 3) Струм КЗ на один МРРТ не повинен перевищувати допустимого значення:

$$I_{\text{КЗ панелі}} < I_{\text{доп}}$$

$$10,05 \text{ A} < 25 \text{ A}$$

де  $I_{\text{КЗ панелі}}$  – струм короткого замикання панелі.

$I_{\text{доп}}$  – допустимий струм на один МРРТ інвертора згідно його паспортних даних.

- 4) Знаходження в робочому діапазоні напруги.

$$U_{\text{роб мін}} < U_{\text{роб лінії}} < U_{\text{роб макс}}$$

$$U_{\text{роб лінії}} = N_{\text{панелей в лінії}} \cdot U_{\text{роб лінії}}$$

$$U_{\text{роб лінії}} = 12 \cdot 30,7 = 368,4 \text{ В}$$

$$320 \text{ В} < 368,4 \text{ В} < 800 \text{ В}$$

де  $U_{\text{роб мін}}$  і  $U_{\text{роб макс}}$  – діапазон робочих напруг інвертора згідно його паспортних даних

$U_{\text{роб лінії}}$  – робоча напруга панелі згідно паспортних даних.

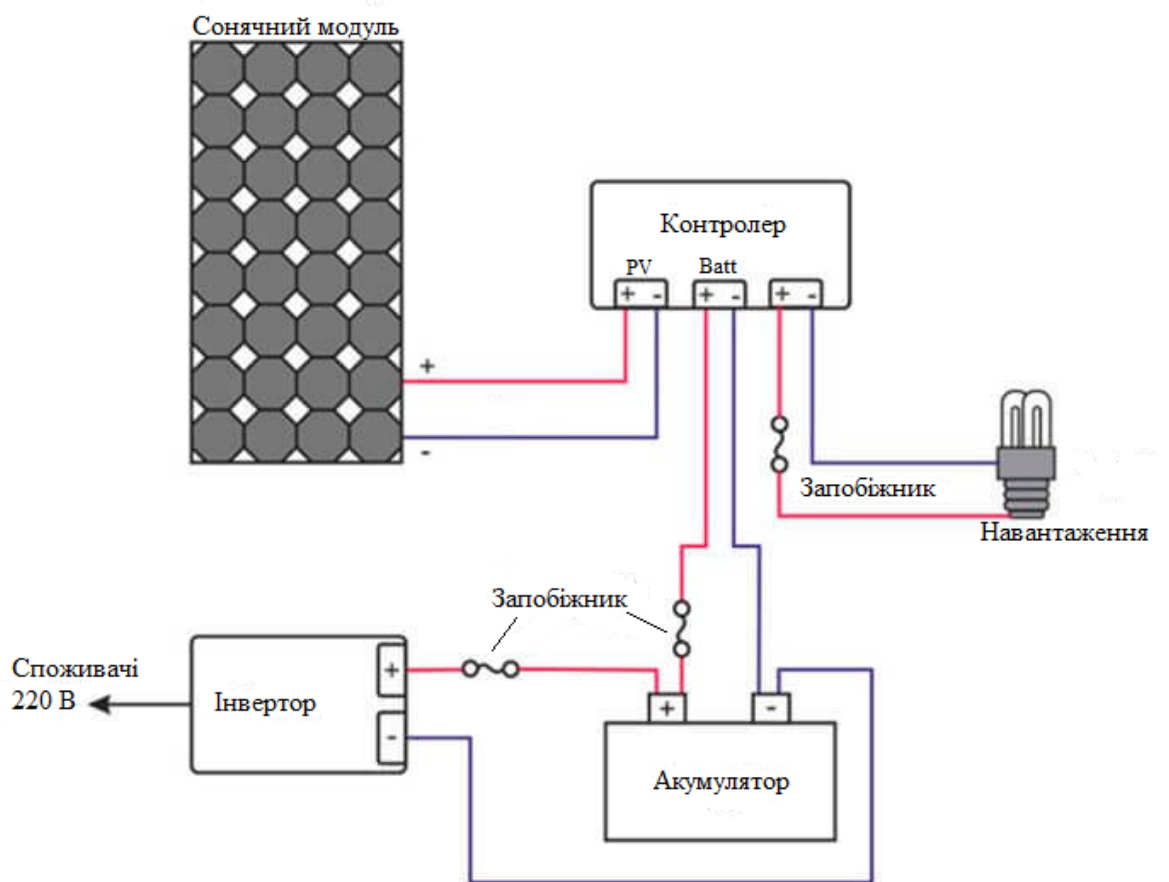


Рисунок 3.8 - Підключення панелей до інвертора.

### 3.5.2 Розрахунок річного вироблення електроенергії

Його перевага полягає в тому, що ми можемо вказати для нас важливі параметри в розрахунку, і ці параметри можуть бути не очевидними або не існувати в програмі розрахунку. Далі, у цьому випадку, використовуйте формулу, щоб розрахувати, скільки сонячних панелей буде виготовлено за кілька місяців

$$E_{\Sigma \text{міс}} = n \cdot S \cdot \text{коэф. інсоляції} \cdot \text{ср. випромінювання} \cdot n_{\text{днів у місяці}} \cdot \eta$$

Де  $n$  - кількість панелей;  $S$  - площа однієї панелі;  $\eta$  - ККД панелей.

Виконавши розрахунки в програмі Excel, для кожного місяця і додавши власне споживання електроенергії отримаємо:

Таблиця 3.9 - Розрахунок річного вироблення електроенергії

Місяць	Інсоляція	Коефіцієнт	Інсоляція на коефіцієнт	Кількість днів	Потужність в день, кВт*год/день	Потужність за місяць, кВт*год/місяць
Січень	1,01	1	1,01	31	7,26	225,14
Лютий	1,82	1	1,82	28	13,09	366,43
березень	2,87	1	2,87	31	20,64	639,74
Квітень	3,88	1	3,88	30	27,90	836,98
Травень	5,16	1	5,16	31	37,10	1150,20
Червень	5,19	1	5,19	30	37,32	1119,57
Липень	5,04	1	5,04	31	36,24	1123,45
Серпень	4,66	1	4,66	31	33,51	1038,75
Вересень	3,06	1	3,06	30	22,00	660,09
Жовтень	1,87	1	1,87	31	13,45	416,84
Листопад	1,04	1	1,04	30	7,48	224,35
Грудень	0,83	1	0,83	31	5,97	185,01

Таблиця 3.10 - Фінансові показники роботи фотоелектричних панелей за рік.

Споживана потужність, кВт*год/місяць	Чиста потужність	LCOE	Купівля	Продаж
1336	-1110,86	420,7002	1866,251	
1010	-643,57	684,7295	1081,197	
715	-75,26	1195,455	126,4314	
658	178,98	1229,57		1027,345
604	546,20	1128,663		3135,19
517	602,57	966,0911		3458,744
455	668,45	850,2349		3836,912
502	536,75	938,0613		3080,927
537	123,09	1003,464		706,5509
796	-379,16	778,9201	636,9952	
1170	-945,65	419,2222	1588,7	
1256	-1070,99	345,7239	1799,258	

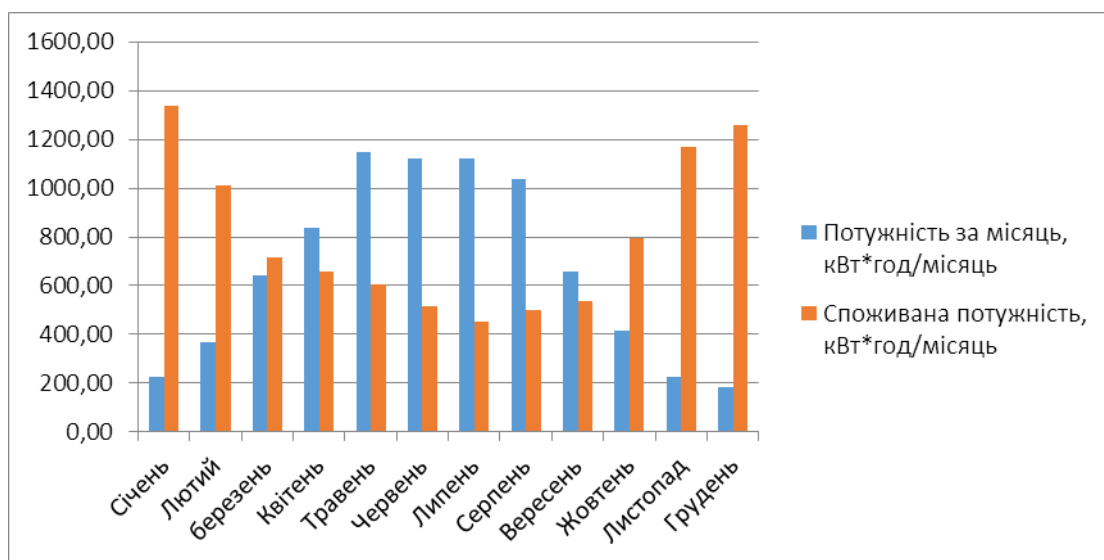


Рис 3.9 - Річний графік вироблення/споживання електроенергії.

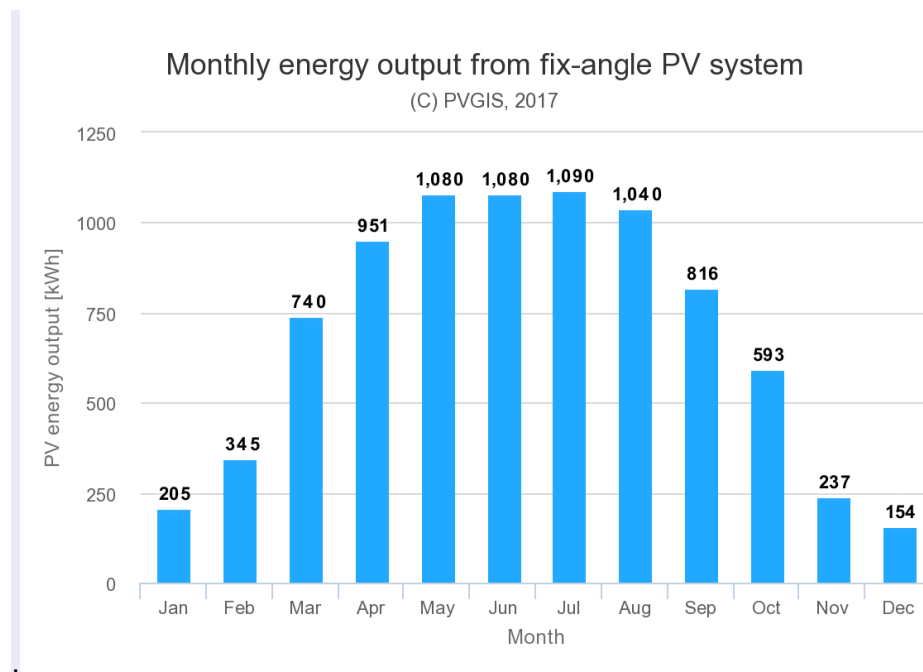


Рисунок 3.10 - Річне вироблення електроенергії за версією сайту

### 3.5.3 Перевірка ефективності формування сонячних панелей

При вивченні техніко-економічних показників системи поновлюваного енергопостачання (ВДЕ), згідно зі схемою визначення стандартизованої ціни виробництва енергії (фактично середньозваженої стандартизованої вартості енергії), модель розрахунку використовується для вираження та вираження першого зменшення LEC . )

Термін `` модель життєвого циклу " зазвичай використовується для позначення схеми розрахунку, кінцевою метою якої є отримання прогнозованого значення кількості та ціни технічних енергетичних об'єктів. Економічна математична модель, заснована на концепції життєвого циклу, придатна для вирішення проблем техніко-економічного аналізу енергетичних об'єктів на рівні "задньої станції" та має подальшу перспективу використовувати її в поєднанні із комплексною ринковою моделлю балансу для вивчення проблеми рівня економічного сектору [32].

Розраховане LCOE може бути як показано наступним чином:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

$I_t$  – інвестиції витрачені за t років.

$M_t$  – операційні та ремонтні інвестиції за t років.

$F_t$  – витрати на паливо за t років.

$E_t$  – вироблена електроенергія за t років.

$r$  – облікова ставка.

$n$  – життєвий цикл системи..

Розглянемо 2 варіанти подій:

- Без кредиту
- З кредитом

Для того, щоб розрахувати LCOE, використовуючи опцію, не включену в кредити (для рівнів інфляції 0, 5, 10%), вам потрібно буде використовувати дані, розраховані в попередніх абзацах, для обчислення таких значень в Excel.

Таблиця 3.11 Значення для розрахунку LCOE та тенденції грошового потоку.

t(рік)	C сар(грн)	C op(грн)	P rev(грн) (інфляція 0%)	Вироблена енергія (кВт год)	Рік	-248734,00	P rev(грн)(інф ляція 5%)	P rev(грн)(ін фляція 10%)	-248734,00	-248734,00	C op(інфляц ія 5%)(грн)	C op(інфляція 10%)(грн)
0	248734	1244	45792	7987	2019	-204186	45791,68	45791,68	-204185,97	-204185,97	1243,65	1243,65
1	0	1244	45746	7979	2020	-159684	48033,19	50320,48	-157396,43	-155109,14	1305,83	1368,02
2	0	1244	45700	7971	2021	-115227	50384,36	55297,12	-108255,72	-101055,67	1371,12	1504,82
3	0	1244	45654	7963	2022	-70817	52850,57	60765,88	-56648,80	-41533,43	1439,68	1655,30
4	0	1244	45609	7955	2023	-26452	55437,44	66775,43	-2455,02	23998,35	1511,66	1820,83
5	0	1244	45563	7947	2024	17867	58150,87	73379,22	54452,20	96133,92	1587,25	2002,91
6	0	1244	45517	7939	2025	62141	60997,04	80636,02	114205,59	175526,29	1666,61	2203,20
7	0	1244	45471	7931	2026	106368	63982,46	88610,39	176944,41	262893,03	1749,94	2423,52
8	0	1244	45425	7923	2027	150550	67113,93	97373,27	242814,69	359022,66	1837,44	2665,87
9	0	1244	45380	7915	2028	194686	70398,59	107002,62	311969,62	464781,63	1929,31	2932,46
10	0	1244	45334	7907	2029	238776	73843,93	117584,11	384569,90	581122,09	2025,77	3225,71
11	0	1244	45288	7899	2030	282820	77457,81	129211,88	460784,06	709090,32	2127,06	3548,28
12	0	1244	45242	7891	2031	326819	81248,46	141989,35	540788,87	849836,02	2233,42	3903,11
13	0	1244	45196	7883	2032	370771	85224,54	156030,20	624769,75	1004622,57	2345,09	4293,42
14	0	1244	45151	7875	2033	414678	89395,10	171459,33	712921,20	1174838,25	2462,34	4722,76
15	0	1244	45105	7867	2034	458540	93769,66	188413,98	805447,21	1362008,57	2585,46	5195,03
16	0	1244	45059	7859	2035	502355	98358,18	207044,96	902561,74	1567809,89	2714,73	5714,54
17	0	1244	45013	7851	2036	546124	103171,14	227518,01	1004489,23	1794084,24	2850,47	6285,99
18	0	1244	44967	7843	2037	589848	108219,49	250015,21	1111465,06	2042855,80	2992,99	6914,59
19	0	1244	44922	7835	2038	633526	113514,75	274736,67	1223736,16	2316348,82	3142,64	7606,05
20	0	1244	44876	7827	2039	677158	119068,99	301902,27	1341561,50	2617007,45	3299,77	8366,66
Сумарні	248734	26116,65	952009	166040,37			1616412,15	2891858,10			44422,25	79596,71

Скап – капітальні витати.

Соп – оперативні витрати.

Рrev – прибуток від виробництва.

Таблиця 3.12 - Значення для розрахунку LCOE для різних значень інфляції.

LCOE (без інфляції)	LCOE (інфляція 5%)	LCOE (інфляція 10%)
1,655 грн/кВт год	0,181 грн/кВт год	0,113 грн/кВт год

Таблиця 3.12 - Значення для розрахунку LCOE та тенденції грошового потоку (кредит).

t(рік)	С сар(грн)	С ор(грн)	Р rev(грн) (інфляція 0%)	Вироблена енергія (кВт год)	Рік	-129441,68	Р rev(грн)(інф ляція 5%)
0	129441,7	1244	45792	7987	2019	-84894	45791,68
1	55343,3	1244	45746	7979	2020	-95735	48033,19
2	49249,3	1244	45700	7971	2021	-100528	50384,36
3	39499,0	1244	45654	7963	2022	-95616	52850,57
4	30723,6	1244	45609	7955	2023	-81975	55437,44
5	26043,4	1244	45563	7947	2024	-63699	58150,87
6	0	1244	45517	7939	2025	-19426	60997,04
7	0	1244	45471	7931	2026	24802	63982,46
8	0	1244	45425	7923	2027	68983	67113,93
9	0	1244	45380	7915	2028	113119	70398,59
10	0	1244	45334	7907	2029	157209	73843,93
11	0	1244	45288	7899	2030	201254	77457,81
12	0	1244	45242	7891	2031	245252	81248,46
13	0	1244	45196	7883	2032	289205	85224,54
14	0	1244	45151	7875	2033	333112	89395,10
15	0	1244	45105	7867	2034	376973	93769,66
16	0	1244	45059	7859	2035	420789	98358,18
17	0	1244	45013	7851	2036	464558	103171,14
18	0	1244	44967	7843	2037	508282	108219,49
19	0	1244	44922	7835	2038	551960	113514,75
20	0	1244	44876	7827	2039	595592	119068,99
Сумарні	330300,4	26116,65	952009	166040,37			1616412,15



Таблиця 3.13 - Значення для розрахунку LCOE для різних значень інфляції (кредит).

LCOE (без інфляції)	LCOE (інфляція 5%)	LCOE (інфляція 10%)
2,15 грн/кВт год	0,231 грн/кВт год	0,141 грн/кВт год

За допомогою отриманих даних будуємо графік грошового потоку для змодельованих 6 випадків:

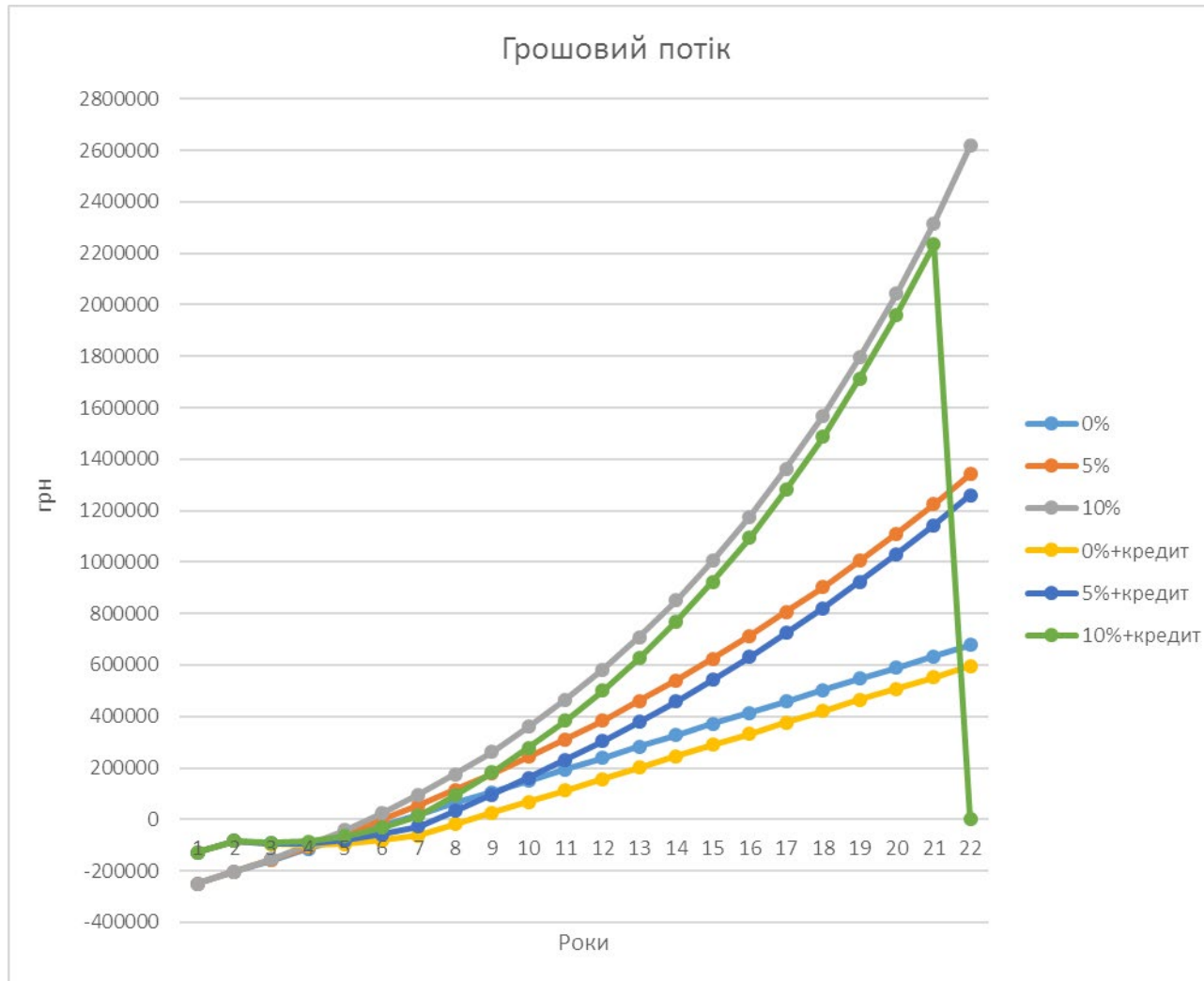


Рисунок 3.11 - Тенденції грошових потоків

### 3.6 Макромодельовання як основа прогнозування електричного наванта-ження об'єктів цивільного призначення

Електричне навантаження житлових будинків є випадковим, залежно від сімейного розкладу, наявності набору ОЗ, і вони будуть сильно

відрізнятися протягом дня та сезонів. Все це створює труднощі для прогнозування. Крім того, зростає також насиченість мешканців новими електроприладами. Визначення прогнозованого енергетичного навантаження є основою для проектування внутрішньої мережі міста та мережі міста.

Основну групу споживачів селітебних територій складають житлові будинки. Електричне навантаження будинків визначається освітленням квартир і різними електропобутовими приладами, що використовуються населенням. Практично на величину споживання електричної енергії впливають найбільш потужні електроприймачі повсякденного вживання. До них відносяться кондиціонери, пральні і посудомийні машини, електронагрівальні прилади, такі як бойлери, електричні плити, системи опалення тощо [33]

Результати аналізу показують, що встановлена потужність освітлення квартири становить від 0,34 до 0,65 кВт, а сучасне освітлювальне обладнання використовується - набагато менше. Серед опитаних квартир на кожні 100 домогосподарств 50% мають електричні чайники, а 95% - телевізори.

При газовій плиті середньорічне споживання електроенергії домогосподарством становить 1200 кВт-год залежно від кількості мешканців. Згідно з прогнозним розрахунком мережі, необхідно враховувати динаміку споживання енергії та звертати особливу увагу. Прогнозування навантаження відіграє життєво важливу роль у забезпеченні ефективності та надійності енергосистеми. Висока вартість первинної енергії та обмеженість ресурсів, а також розвиток комп'ютерних технологій та комп'ютерних технологій.

Однак через нелінійну та складну залежність між навантаженням та випадковими ефектами, на які спирається моделювання, важко виконати точне моделювання.

Існуючі методи прогнозування не завжди можуть бути придатними для галасливих та неповних вихідних даних. Однак прогнозування електричного навантаження базується на врахуванні певних відомих характеристик процесу прогнозування. Оцінюючи мінімальну похибку енергоспоживання,

ефективність алгоритму та його здатність проти перешкод у разі неповної інформації можуть довести ефективність використання різних методів прогнозування.

Виходячи з цього розроблення нових підходів, методів та алгоритмів для прогнозування електроспоживання, які б враховували дані різного роду та могли б врахувати неточні чи неповні дані на сьогодні є актуальною науковою та прикладною проблемою [34].

Загальна структурна схема моделей, що призначені для прогнозування електроспоживання цивільних об'єктів наведена на рисунку 3.12

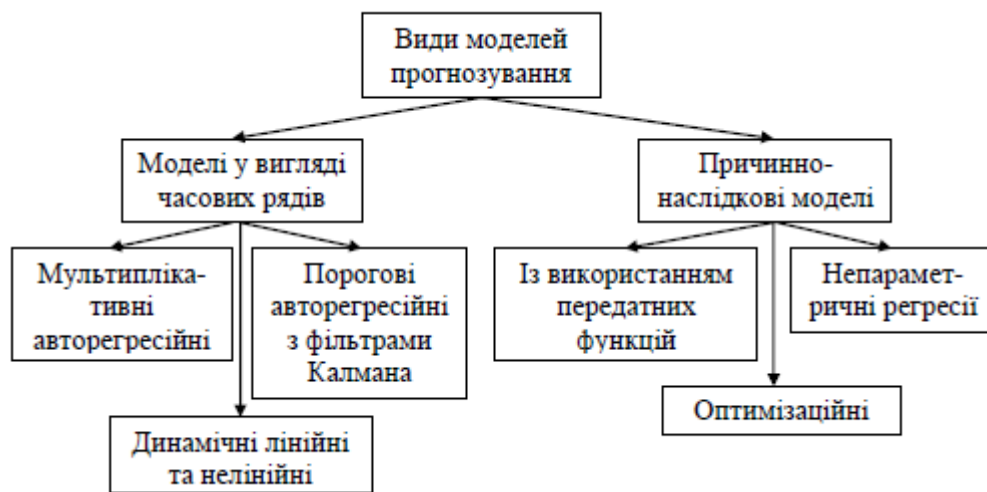


Рисунок 3.12 – Види моделей прогнозування електроспоживання

Серед вже розроблених моделей для електроспоживання застосовуються такі:

1) Авторегресивна модель - це модель часового ряду, в якій значення поточного часового ряду лінійно залежить від попереднього значення тієї ж серії.

Авторегресійний процес порядку  $p$  визначається так

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i X_{t-i} + \varepsilon_t,$$

де  $a_1, \dots, a_p$  – параметри моделі (коефіцієнти авторегресії);  $c$  – стала (часто для спрощення приймають рівною нулеві);  $\varepsilon_t$  – білий шум.

$$L(t, d) = \sum_{k=1}^4 a_k L_k(t, d),$$

де  $a_k$  – лінійні ваги, які забезпечують оптимальну комбінацію чотирьох окремих прогнозів;

$L_1(t, d)$  – прогноз  $L(t, d)$  на основі авторегресійної моделі першого порядку з затримкою в одну годину;

$L_2(t, d)$ ,  $L_3(t, d)$ ,  $L_4(t, d)$  – те ж саме із затримкою в одну добу, тиждень та рік відповідно.

2) Узагальнене експоненціальне згладжування, яке можна використовувати для прогнозування загального споживання енергії на годину:

$$L(t) = a^T f(t) + \varepsilon(t),$$

3) Нейромережа та нечітка логіка - один із нових методів вирішення проблеми прогнозування на основі нечіткої логіки та нейронної мережі. Цей метод передбачає використання апріорної інформації, дозволяє використовувати нову інформацію в процесі будівництва та враховує властивості процесу моделювання. Ви також можете використовувати відому раніше інформацію, яку легко засвоїти і зрозуміти спостерігачеві. Основним елементом нейронної мережі є штучний нейрон, який є математичною моделлю біологічної нервової клітини. Штучна нейронна мережа - це група пов'язаних та взаємодіючих штучних нейронів.

У разі неповної вхідної інформації цей метод використання нейронних мереж для прогнозування не втратить своєї ефективності, але вимагає багато часу для навчання. Використовуйте нечітку логічну систему, тобто набір елементів з довільними властивостями. Ці елементи не є чітко визначеними

як такі, що належать до певного набору, тому їм дозволено усунути недоліки штучних нейронних мереж.

У разі вивчення надто складних технічних систем або процесів доцільне нечітке моделювання наборів.

Протягом тривалого часу сучасна математична статистика вважалася головним інструментом аналізу даних, але вона не завжди підходить для вирішення реальних проблем. Це пов'язано з тим, що використовуються середні вибіркові ознаки, які зазвичай виявляються фіктивними значеннями.

Суть альтернативного прогнозування, заснованого на макромоделі, полягає у процесі побудови моделі споживання електроенергії на етапі, показаному на рисунку 3.13.

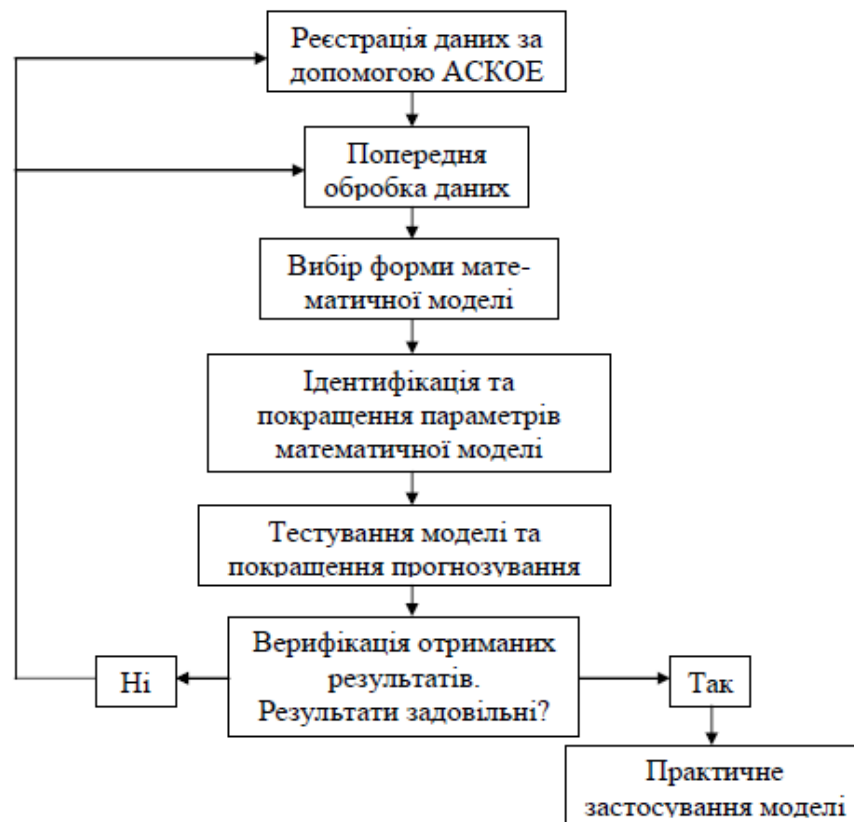


Рисунок 3.13 – Побудова моделі споживання електроенергії

## Висновки

Динамічна модель електричного навантаження ЕН та її синтез дозволяє отримати розраховане значення навантаження житлових будинків, а кінцеве навантаження графічного методу в 1,5-3,5 рази менше стандартного визначення, що було підтверджено експериментально. Враховуючи фактичну різницю фактичного максимального значення, динамічна модель електричного навантаження цивільних об'єктів та її синтез дають можливість отримувати графічно величину розрахункового навантаження, що фактично підвищить точність розрахунку та вплине на компоненти системи електропостачання.

Отже, за допомогою графічного методу розрахунку навантаження об'єктів цивільного призначення можна зменшити втрати в 1,5- 3 рази

## 4 СТАРТАП ПРОЕКТ

### 4.1 Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає у створенні програмного забезпечення (мобільного додатка) для управління споживанням енергії та взаємодії з користувачами.

У таблиці 4.1 дається опис ідеї початку проекту, яка розкриє загальний погляд на зміст ідеї та можливий базовий потенційний ринок, на якому можна знайти потенційних груп споживачів.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення програмного забезпечення для управління та контролю споживання електроенергії	1. Комерційний надає послуги промисловим підприємствам	1. Підвищення енергоефективності 2. Підвищення конкурентоспроможності ринку
	2. Навчальний - використання продуктів студентами-енергетиками	1. Студенти оволодівають навичками оптимізації 2. Підвищення кваліфікації молодих кадрів у сфері енергоефективності
	3. Конкурентоспроможність - демонструвати програмні продукти професійним електроенергетичним компаніям	1. Підвищення кваліфікації представників енергетичної галузі 2. Хороший економічний обмін між підприємствами

У таблиці 4.2 описаний аналіз потенційних технічних та економічних переваг ідеї (чим вона відрізняється від існуючих аналогів та альтернатив) порівняно з пропозиціями конкурентів.

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабк а сторон а)	N (нейтраль на сторона)	S (сильн а сторон а)
	Мій проєкт	Системи цільового моніторингу	Системи питомих норм енергоспоживання	Автоматизовані системи прогнозування цільових функцій			
Надійність системи	1	2	3	4		1,2,4	3
Глобальність	1	2	3	4	3	2,4	1
Комплексність	1	2	3	4	2,3	4	1
Оперативність	1	2	3	4	3	1,2	4
Достовірність	1	2	3	4	3	1,2	4

Визначення переліку слабких, сильних та нейтральних характеристик та характеристик потенційних товарів є основою формування її конкурентоспроможності.

## 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Для проведення технічного огляду ми аналізуємо таблицю 4.3 Якщо всі необхідні технічні ресурси (включаючи керівні принципи контролю енергоефективності) можна отримати безкоштовно, проєкт може бути реалізований, і на цій основі може бути надана математична основа для



продукту.

Таблиця 4.3. – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ з/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка програмного забезпечення для опрацювання знятих показників	Мова програмування JavaScript	Технологія наявна	Технологія доступна
2	електроенергії й управління споживанням електроенергії	Мова програмування C++	Технологія наявна	Технологія доступна

Обрана технологія для реалізації концепції проекту: усі вищезазначені технології відіграють важливу роль у загальному формуванні та розвитку програмного забезпечення та кінцевого продукту.

#### **4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту**

Цей розділ визначає ринкові можливості, які можуть бути використані при реалізації проекту на ринку, та ринкові загрози, які можуть перешкоджати реалізації проекту. Ми плануємо напрямок розробки проектів відповідно до ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів.

Аналіз динаміки та розвитку попиту на проект проведено та представлено результат у таблиці 4.4

Ринок має середню ступінь привабливості для входження. Середня норма рентабельності досить велика, а відсутність подібних систем робить

проект досить ризикованим з точки зору впровадження на ринок. У таблиці 4.5 визначені основні групи клієнтів стартапу та їх характеристика.

Аналіз ринкового середовища з точки зору загроз та можливостей представлено у таблицях 4.6 – 4.7.

Ринок має помірну вхідну привабливість. Середня норма прибутку дуже висока, і відсутність такої системи робить проект дуже ризикованим з точки зору проникнення на ринок. У таблиці 4.5 визначено основні групи, які запускають функції клієнта та їх. У таблицях 4.6-4.7 наведено аналіз ринкового середовища на основі загроз та можливостей. В умовах жорсткої конкуренції проект може існувати на ринку інформаційних та енергетичних послуг в умовах надійності продукції та регулярної інформаційної підтримки, а також в умовах постійного вдосконалення та аналізу попиту на власні послуги та альтернативні продукти .

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
1. Кількість головних гравців, од	15
2. Загальний обсяг продаж, грн./ум. од	1500
3.Динаміка ринку	стагнує
4. Наявність обмежень для входу	Обмежений. Дана система ще не використовується в Україні на необхідному рівні

продовження таблиці 4.4

5. Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Стандарт ISO – 50001
6. Середня норма рентабельності в галузі, %	10

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Підвищення енергетичної ефективності	Будь яка група споживачів	Не передбачено	Надійність, ефективність, доступність

Таблиця 4.6 Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Ціна на послуги	Інформаційні ресурси та витрати на їх розробку значні	Система Free to Play, яка частіше використовується на ринку відеоігр, але рідше і у сфері програмного забезпечення
Оновлення програми	Для того, щоб проект працював нормально, необхідно постійно підтримувати його	Створіть особу, відповідальну за технічні умови програми. Оголосіть оновлення

Продовження таблиці 4.6

Недостатня мотивація споживача	Системи управління діяльністю на українському ринку є нововведенням, і клієнти користуються цією послугою під загрозою.	Реклама, комунікативні методи зв'язку з потенційними клієнтами
--------------------------------	---	--

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Монополія на ринку	Після продажу та контролю товару він може стати єдиним конкурентоспроможним продуктом на ринку..	Удосконалюйте продукт, щоб зробити його доступним для великої кількості користувачів.
2.	Державна підтримка використання ПЗ.	Брати участь у співпраці державних фондів або громадських організацій для використання програмного забезпечення для дизайнерських компаній	Реклама продукту

Заключним етапом ринкового аналізу можливостей реалізації проектів є короткий опис матриці аналізу сильних і слабких сторін SWOT-аналізу (слабких), загроз (проблем) та аналізу можливостей (можливостей), SWOT-аналіз наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 SWOT – аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стартап-проект є монополістом на ринку України;</li> <li>- постійна онлайн підтримка програмного забезпечення;</li> <li>- періодичне інформування користувача;</li> </ul>	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- відсутній досвід на ринку</li> <li>- недостатня підтримка з боку держави;</li> </ul>
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- - - після продажу та контролю товару він може стати єдиним конкурентоспроможним продуктом на ринку.</li> <li>- розвиток програмного забезпечення;</li> <li>- легкий доступ до програмного забезпечення;</li> </ul>	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Конкуренція</li> <li>- Недовіра потенційних клієнтів</li> </ul>

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Перший крок у формуванні маркетингової стратегії передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільової групи потенційних споживачів . У таблиці 4.9 вибирається цільова група потенційних споживачів.

Таблиця 4.9 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ з/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Будівельні компанії	висока	Високий	Слабка	Проста
2	Проектні організації	висока	Високий	Слабка	Проста
3	Інвестори	висока	Високий	Слабка	Проста

Які цільові групи були обрані: організація проекту

#### **4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту**

У таблиці 4.10 показано визначення основних переваг концепції потенційного продукту.

Таблиця 4.10 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
-------	---------	----------------------------	--

Продовження таблиці 4.10

1.	Економія ЕЕ	Надавати можливості розробляти енергозберігаючі технологічні  (технічні) рекомендації на основі використання програмного забезпечення	<p>- Своєчасно надайте авторську підтримку в масштабах всієї країни, охоплюйте кілька категорій клієнтів та актуальність версії підтримки</p> <p>- Враховуйте особисті побажання замовника перед кожним оновленням програмного забезпечення</p> <p>програмне забезпечення</p>
2.	Забезпечення комфортних житлових умов	Дозволяє розраховувати споживання електроенергії за день, місяць, рік	
3.	Визначення всього комплексу енергетичних затрат	Дозволяє розрахувати та обмежити майбутнє споживання електроенергії	
4.	Підтримка та оновлення продукту	Створює і оновлює функції розширення можливостей	

Концепція компанії, яка ретельно продумує та координує свою роботу на багатьох каналах зв'язку, називається концепцією маркетингових комунікацій, як показано в таблиці 4.11. Це робиться для встановлення чіткого, послідовного та переконливого погляду споживача на товар. Покликаний інформувати, переконувати та нагадувати споживачам та всьому ринку про товари та події.

Таблиця 4.11 – Концепція маркетингової комунікації

№ п/ п	Цільові групи	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Будівельні компанії	Інтернет	Надійність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, достовірність
2.	Проектні організації	Інтернет	Надійність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, достовірність
3.	Інвестори	Інтернет	Надійність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, достовірність



## **Висновки**

1. Розроблено стартовий проект з ідеєю створення програмного забезпечення для розрахунку споживання електроенергії та визначення потенціалу енергозбереження. Цей проект надає користувачам можливість контролювати споживання енергії.
2. Аналіз ринкових можливостей для стартового проекту показує, що продукт вразливий до таких загроз, як недовіра потенційних споживачів до нової компанії та посилення ринкової конкуренції.
3. Дослідження показує, що серед усіх цільових груп найбільший попит мають будівельні компанії та проектні агентства.
4. Аналіз показує, що перешкодами для запуску проекту буде відсутність ринкового досвіду та недостатня підтримка з боку країни.
5. Огляд довів, що онлайн-підтримка проекту та регулярне оновлення програмних продуктів роблять проект комерційно привабливим для будівельних компаній та проектних організацій

## ВИСНОВКИ

Аналіз наукової літератури, існуючих методів та результатів аналізу нормативних документів, що використовуються для визначення електричного навантаження цивільних об'єктів, може визначити негативні фактори, що викликають суттєві відмінності у фактичних значеннях. 2. Запропонував концептуально новий метод та розробив метод розрахунку, заснований на теорії сплайну для моделювання електричного навантаження цивільних об'єктів шляхом моделювання динаміки навантаження. У 5 разів більше шансів підвищити надійність його визначення відповідно до поточного індексу специфікації, який визначається за допомогою фізичних експериментів.

І метод моделювання динаміки енергетичного навантаження цивільних об'єктів за допомогою математичних макромоделей, який відрізняється від існуючих дискретних макромоделей на основі інформації простежуваності, тим самим покращуючи надійність своїх прогнозів для інших методів. Експерименти, засновані на обладнанні підключеної до мережі сонячної електростанції потужністю 10 кВт, показують, що інвертори з високим гармонічним струмом від 2 до 40 та ЕП з нелінійними характеристиками мають значний вплив на навантаження проводів, перевищуючи Номінальний струм на основній гармоніці (7,65%).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Assessment of the set of regulations and methodologies for tariff setting in Ukraine / Energy Community. – 2018. Режим доступу: <https://www.energy-community.org/news/Energy-Community-News/2018/06/04.html>.
2. Зелена книга. Системний перегляд якості державного регулювання. «Регулювання ринку виробництва електричної енергії». / Офіс ефективного регулювання (BRDO). – Київ, 2018 ([www.brdo.com.ua](http://www.brdo.com.ua))
3. Energy prices in 2020 (Ціни на енергоносії в 2020 р.) Режим <https://ec.europa.eu/energy/en/news/energy-prices-2017-household-energy-prices-eu-down-compared-2016-05-electricity-and-63-gas>
4. Копытов Ю. В. Экономия электрической энергии в промышленности / Ю. В. Копытов, Б. А. Чуланов. – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 110 с.
5. Vinoslavskij V. N., Taradaj V. I., Brutc U., Hajnce D. (1988), Automation of power supply systems designing [Avtomatizacija proektirovanija sistem jelektrosnabzhenija], Vyshha shkola, Kyiv, 208 p.
6. Качан Ю. Г. Алгоритм синтеза оптимальной энергоэффективной системы электроснабжения промышленных предприятий / Ю. Г. Качан, В. В. Дьяченко // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн.зб. – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – Вип. 85. – С. 11–17.
7. Анчарова Т. В. Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях / Т. В. Анчарова, С. И. Гамазин, В. В. Шевченко – М.: Высш.шк., 1990. – 143 с.
8. Кузнецов В. Г. Тенденції розвитку систем електропостачання / В. Г. Кузнецов, Ю. І. Тугай // Електротехніка та електроенергетика. – 2000. – № 2. – С. 73–74.
9. Бондарчук А. С. Внутрішньобудинкове електропостачання / А. С. Бондарчук. – К.: Освіта України, 2015. – 480 с.

10. Варецький Ю.О. Архітектура інтелектуальної системи моніторингу не-синусоїдних режимів електричної мережі / Ю.В. Варецький, Т.І. Наконечний, М.Д. Федонюк, В.О. Комар // Наукові праці ВНТУ [Онлайновий ресурс]. – 2011. – № 1.
11. Разумний Ю. Т. Енергозбереження: Навч. посібник / Ю. Т. Разумний, В. Т. Заїка, Ю. В. Степаненко. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. – 166 с.
12. Bondarchuk A.S., Randle O.O. Investment project on energy supply for residential neighborhood in the city from hybrid solar collectors / A.S. Bondarchuk, O.O. Randle // Polish Journal of Science (Warszawa, Poland), 2019, volume 1, number 18, pp. 57–63.
13. Ефременко В. М., Беляевский Р. В. О влиянии перетоков реактивной мощности на параметры систем электроснабжения промышленных предприятий // Вестник КузГТУ. 2011. – № 3. – С. 60–63.
14. Ермаков В. Ф. Качество электроэнергии: учеб. пособие (конспект лекций; справочные материалы). – М.: Вузовская книга, 2012. – 192 с.
15. Воронов И. В., Политов Е. А. Повышение эффективности эксплуатации систем электроснабжения предприятий путем комплексного использования SMART GRID и нейронных сетей // Вестник КузГТУ. 2012. – № 2. – С. 63–66.
16. Соловей О. І. Організаційні заходи з енергозбереження / О. І. Соловей, В. П. Розен, В. А. Побігайло // Управління енерговикористанням: Збірник доповідей / Під ред. А.В.Праховника. – К.: Альянс за збереження енергії, 2002. – С. 463–466.
17. Costanzo, G. T. A System Architecture for Autonomous Demand Side Load Management in Smart Buildings [Text] / G. T. Costanzo, G. Zhu, M. F. Anjos, G. Savard // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2012. – Vol. 3, Issue 4. P. 2157–2165. doi: 10.1109/tsg.2012.2217358pdf

18. Овчаренко Т. И., Васюченко П. В., Кирисов И. Г. Анализ существующих систем электро-снабжения предприятий как фактор повышения их эффективности // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2012. – № 7. – С. 17–22.

19. Bondarchuk A.S. Study into predicted efficiency of the application ofhybrid solar collectors to supply energy to multiapartment buildings / A.S. Bondarchuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kh.: 2019. – № 4/8 (100), pp. 69–77. (Scopus).

20. Железко Ю. С., Артербев А. В., Савченко О. В. Расчет, анализ і нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов. М.: НЦ ЭНАС, 2003. – С. 20–29.

21. Варецький, Ю.О. Проблеми експлуатації компенсувальних пристроїв в електричних мережах живлення шахт/ Ю.О. Варецький, О.Р.Пастух, В.М.Горбань. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Електроенергетичні та електромеханічні системи», 2017, № 870, С.16-22.

22. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 79 с.

23. ДБН В. 2.5-23-2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 164 с.

24. Тульчин И. К. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий / И. К. Тульчин, Г. И. Нудлер. М.: Энергоатом-издат, 1990. – 480 с.

25. Master-Vision. Каталог источников бесперебойного питания .  
Режим доступа: <http://www.380v.ru/catalogue/micro-ups/47-master-vision>.

26. 1. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [Текст] : ДБН В.2.5-23:2010. – На заміну ДБН В.2.5-23-2003 ; чинний від 2010-10-01. – К.

:Мінрегіонбуд України, 2010. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).

27. Однофазные электростанции, Дизель генераторы FG Wilson с двигателем Perkins 400/1100 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://svitline.kiev.ua/catalog/odnofaznyie\\_elektrstantsii\\_dizel\\_generatoryi\\_FG\\_Wilson\\_s\\_dvigatелем\\_Perkins\\_4001100/](http://svitline.kiev.ua/catalog/odnofaznyie_elektrstantsii_dizel_generatoryi_FG_Wilson_s_dvigatелем_Perkins_4001100/).

28. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків [Текст] / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 204 с.

29. Ірвінг М., Готтлиб. Джерела живлення. Інвертори, конвертори, лінійні та імпульсні стабілізатори. — 2-е вид. — М.: Постмаркет, 2002. — 544 с.

30. Електронний ресурс: <https://solar.biz.ua>

31. Електронний каталог “220 вольт”. Режим доступу: <https://220volt.com.ua/solnechnij-setevoj-invertor-huawei-2000-12-ktl>.

32. Постанова НКРЕКП від 27.02.2014 № 170 "Про затвердження Порядку продажу, обліку та розрахунку за електричну енергію, що вироблена з енергії сонячного випромінювання об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств". Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua>.

33. Тульчин И. К. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий / И. К. Тульчин, Г. И. Нудлер. М.: Энергоатом-издат, 1990. – 480 с

34. Yi-Chung Hu. (2017). Electricity consumption prediction using a neural-network-based grey forecasting approach [Text] / Hu Yi-Chung // Journal of the Operational Research Society, 68, 10, 1259–1264.

35. Яндульський О. С. Оптимальне регулювання напруги в розподільній електричній мережі з джерелом розосередженого генерування з урахуванням їх належності одному власнику при використанні резерву

активної потужності / О. С. Яндульський, Г. О. Труніна, А. Б. Нестерко // Вісник Кременчуцького національного університету. – 2015, № 2/91. – С. 50–54.

## Додаток А

Прогноз інвестування в енергетику та енергоефективність на період 2014-2035 рр.

Країна/region	Світ			ОЕСР			СС			США		
	Середньорічні інвестиції	Сума інвестицій		Середньорічні інвестиції	Сума інвестицій		Середньорічні інвестиції	Сума інвестицій		Середньорічні інвестиції	Сума інвестицій	
		Нова політика	450		Нова політика	450		Нова політика	450		Нова політика	450
	2000-13	2014-35	2014-35	2000-13	2014-35	2014-35	2000-13	2014-35	2014-35	2000-13	2014-35	2014-35
<b>Нафта</b>	427	13671	11062	129	4645	3 840	20	394	358	53	2 260	1 903
Розвідка та добування	320	11 284	9 014	102	4 087	3 334	13	242	223	41	2 021	1 683
Транспорт	54	986	902	9	124	113	1	13	13	5	46	45
Обробка	52	1 401	1 146	19	434	393	6	136	122	7	193	176
<b>Природний газ</b>	252	8771	7457	112	3296	2 801	30	531	453	49	1 500	1 261
Розвідка та добування	152	6 138	5 135	70	2 177	1 867	12	254	236	35	1 057	863
Транспорт	100	2 633	2 322	42	1 119	934	19	276	217	14	443	398
<b>Вугілля</b>	61	1034	690	16	250	167	3	19	16	6	102	65
Гірнична справа	31	736	508	9	202	131	1	12	9	4	89	52
Транспорт	30	298	181	7	47	36	2	7	7	2	14	13
<b>Електроенергетика</b>	479	16370	19258	236	6157	7 608	96	2 227	2 566	75	2 052	2 968
Високі види палива	106	2 635	2 877	44	852	1 046	12	224	161	19	373	705
Вугілля	55	1 528	1 918	12	367	616	3	103	76	4	185	472
Природний газ	46	1 054	930	30	471	422	9	117	82	15	183	230
Атомна енергетика	8	1 061	1 722	4	389	643	1	166	242	0	90	180
<b>ПДЕ</b>	153	5 857	8 809	87	2 736	3 915	53	1 182	1 513	16	771	1 344
<i>Bio</i>	17	639	892	11	371	450	8	160	178	2	143	192
<i>Гідро</i>	52	1 507	2 097	11	303	446	3	100	147	1	57	71
<i>Вітер</i>	43	1 989	3 027	29	1 112	1 600	17	574	727	9	292	514
<i>Сонце</i>	37	1 276	1 724	33	720	886	23	254	306	4	212	286
Передавання	48	1 787	1 586	22	546	527	4	139	153	12	254	235
Розподіл	164	5 030	4 265	80	1 635	1 478	26	516	497	28	564	503
<b>Біопаливо</b>	10	320	920	7	146	467	2	44	136	5	98	270
<b>Всього поставок енергії</b>	<b>1230</b>	<b>40165</b>	<b>39387</b>	<b>500</b>	<b>14494</b>	<b>14 883</b>	<b>152</b>	<b>3 214</b>	<b>3 528</b>	<b>188</b>	<b>6 012</b>	<b>6 468</b>
<b>Промисловість</b>		739	1 371		219	425		82	154		70	140
Енергомісткість		284	529		85	196		29	77		35	68
Не енергомісткість		455	842		134	229		53	77		35	73
<b>Транспорт</b>		4 928	8 120		2 629	3 540		1 187	1 560		778	904
Дороги		4 496	7 267		2 536	3 406		1 175	1 535		710	816
Авіація, навігація та залізниця		432	854		93	134		13	25		69	88
<b>Будівлі</b>		2 334	4 040		1 782	2 842		900	1 285		483	886
<b>Всього енергоефективність</b>		<b>8002</b>	<b>13531</b>		<b>4630</b>	<b>6807</b>		<b>2170</b>	<b>2998</b>		<b>1331</b>	<b>1930</b>
<b>Сума</b>		<b>48167</b>	<b>52918</b>		<b>19124</b>	<b>21690</b>		<b>5384</b>	<b>6526</b>		<b>7343</b>	<b>8398</b>



## Додаток Б

Експериментальні дані щодо моделювання електричного навантаження жител 120-квартирного будинку з 17.10.2020 по 23.10.2020 р.

Година доби	Понеділок	Вівторок	Середа	Четвер	П'ятниця	Субота	Неділя
1	1 760	420	460	1 810	1 700	970	1 470
2	1 610	70	350	1 570	1 210	90	660
3	190	70	70	220	150	80	130
4	80	80	120	70	130	80	80
5	80	80	450	70	80	80	320
6	80	290	100	80	70	290	80
7	1 670	80	100	290	100	80	90
8	1 620	610	1 010	190	460	90	110
9	900	1 980	2 000	1 460	1 240	1 230	360
10	830	940	1 880	1 680	1 750	1 610	640
11	70	50	610	1 530	1 210	1 760	1 070
12	100	30	70	1 150	70	1 450	360
13	430	30	60	70	60	310	70
14	90	30	60	60	90	240	510
15	60	250	60	60	190	240	830
16	70	40	280	60	390	370	160
17	320	40	60	280	60	720	800
18	230	50	60	60	70	990	1 890
19	550	460	60	60	70	1 230	2 140
20	1 000	640	280	230	480	400	2 110
21	530	560	1 340	1 310	1 020	620	2 300
22	820	550	950	1 860	1 970	1 610	1 280
23	1 490	1 780	490	1 910	1 850	1 670	1 410
24	1 710	640	730	1 450	1 630	1 360	1 680

## Додаток В

### Середні значення гармонік для мікрохвильової печі Samsung CE287GNR



## Додаток Г

